



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL**

“Aplicación de micropavimentos para la conservación de la carpeta
asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Br. Rodríguez Roncal, Euclides (ORCID: 0000-0003-4704-8709)

ASESORA:

Mg. Ramos Gallegos, Susy Giovana (ORCID: 0000-0003-2450-9883)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2019

DEDICATORIA

Con especial cariño, aprecio y agradecimiento a papá Longoberto, mamá Delfina, mi querida esposa Elva y a mí engréido hijo Gustavo.

A mis hermanos, familiares, amigos, compañeros de trabajo y profesores, quienes me inculcaron a seguir el sendero de la conquista.

AGRADECIMIENTO

A nuestro Dios todopoderoso.

A todas las personas que de una y otra manera se forjan para seguir adelante y en especial a los compañeros de mi ex colegio V.R.H.T.

PÁGINA DEL JURADO

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Euclides RODRÍGUEZ RONCAL, con DNI N° 41295118, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, diciembre de 2019



.....
RODRÍGUEZ RONCAL, Euclides

DNI N° 41295118

ÍNDICE

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
PÁGINA DEL JURADO.....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	x
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO.....	49
2.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	49
2.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	49
2.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.....	52
2.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.....	53
2.4. PROCEDIMIENTO.....	56
2.5. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS.....	80
2.6. ASPECTOS ÉTICOS.....	80
III. RESULTADOS.....	81
IV. DISCUSIÓN.....	129
V. CONCLUSIONES.....	132
VI. RECOMENDACIONES.....	133
REFERENCIAS.....	134
ANEXOS.....	138
Anexo N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	138
Anexo N° 02: Ficha de validación por los expertos.....	140

Anexo N° 03: Ficha de observación 01, Levantamiento de información de carpeta asfáltica.....	141
Anexo N° 04: Ficha de observación 02, Ensayo de compatibilidad de agregado con el ligante	142
Anexo N° 05: Ficha de observación 03, Ensayo de contenido mínimo de ligante	143
Anexo N° 06: Ficha de observación 04, Ensayo de contenido máximo de ligante	144
Anexo N° 07: Análisis granulométrico de agregado fino.....	145
Anexo N° 08: Ensayo de desgaste por abrasión de los agregados.....	146
Anexo N° 09: Ensayo de peso unitario de los agregados	147
Anexo N° 10: Ensayo de durabilidad de los agregados.....	148
Anexo N° 11: Ensayo de emulsión asfáltica CAH	149
Anexo N° 12: Ensayo de emulsión asfáltica Grupo TDM.....	150
Anexo N° 13: Informe de diseño de micropavimentos.....	151
Anexo N° 14: Estudio de mercado de servicio de colocación de mezcla asfáltica en caliente – MAC	156
Anexo N° 15: Contrato de servicio de Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo – SCTR	157
Anexo N° 16: Evidencias fotográficas.....	158
Anexo N° 17: Acta de Aprobación de Originalidad de Tesis.....	160
Anexo N° 18: Turnitin – Similitud	161
Anexo N° 19: Autorización de Publicación de Tesis en Repositorio Institucional UCV	162
Anexo N° 20: Autorización de la versión final del trabajo de investigación, firmada y sellada por el coordinador de investigación	163

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: Polímeros de uso común para la modificación de asfalto.....	36
Tabla N° 02: Temperatura media anual del cemento asfáltico.....	40
Tabla N° 03: Agregados pétreos para tratamientos superficiales	41
Tabla N° 04: Rango de gradación de los agregados para tratamientos superficiales.....	42
Tabla N° 05: Materiales pétreos empleados en carreteras.....	43
Tabla N° 06: Magnitud y rango de validez.....	55
Tabla N° 07: Rango y confiabilidad.....	55
Tabla N° 08: Tasa de aplicación para micropavimentos.....	58
Tabla N° 09: Escala de rangos para Clasificación de PCI.....	59
Tabla N° 10: Intervención del PCI.....	60
Tabla N° 11: Fallas consideradas en PCI - Pavimentos Flexible.....	60
Tabla N° 12: Longitudes de unidades de muestro para pavimentos asfálticos.....	61
Tabla N° 13: Ensayos mínimos necesarios para agregados para carreteras.....	64
Tabla N° 14: Granulometría de los agregados pétreos para micropavimentos en frio.....	65
Tabla N° 15: Requerimientos de los agregados pétreos para micropavimentos en frio.....	65
Tabla N° 16: Tolerancias de agregado para banda de trabajo.....	66
Tabla N° 17: Nomenclatura establecida de emulsión asfáltica.....	69
Tabla N° 18: Requerimientos para las emulsiones modificadas con polímeros.....	69
Tabla N° 19: Ensayos de emulsión asfáltica de rotura controlada CQS – 1HP.....	71
Tabla N° 20: Ensayos mínimos necesarios para las emulsiones asfálticas.....	75
Tabla N° 21: Metrado de fallas de la unidad de muestra.....	82
Tabla N° 22: Resumen de metrados por tipo de falla.....	83
Tabla N° 23: Tasa de aplicación para micropavimentos.....	85
Tabla N° 24: Granulometría de agregado pétreo para Tipo M – II.....	86
Tabla N° 25: Análisis granulométrico de partículas de agregado por tamizado.....	88
Tabla N° 26: Requerimiento para solicitudes de agregados (relación de peso tamaño).....	90
Tabla N° 27: Ensayo de durabilidad de sulfato de sodio.....	92
Tabla N° 28: Gradación de agregado por tamiz para agregado menor o igual a 37,5 mm	94
Tabla N° 29: Ensayo de desgaste de los ángeles.....	95
Tabla N° 30: Ensayo de equivalente de arena.....	97
Tabla N° 31: Ensayo de azul de metileno.....	98

Tabla N° 32: Ensayos mínimos requeridos del agua.....	102
Tabla N° 33: Termómetros ASTM para Viscosidades Saybolt.....	102
Tabla N° 34: Ensayo de Viscosidad Saybolt Furol (25° C) (sSf).....	103
Tabla N° 35: Ensayo de Residuo por evaporación.....	103
Tabla N° 36: Ensayo de sedimentación por 7 días.....	104
Tabla N° 37: Prueba de tamiz N° 20.....	104
Tabla N° 38: Prueba de carga de partícula.....	105
Tabla N° 39: Prueba de penetración.....	105
Tabla N° 40: Prueba de ductilidad.....	106
Tabla N° 41: Ensayo de recuperación elástica lineal 25° C, 20 cm.....	106
Tabla N° 42: Requerimientos de ensayos para el diseño de micropavimentos en frío.....	107
Tabla N° 43: Ensayo de mezclado en forma manual.....	109
Tabla N° 44: Ensayo de consistencia con cono de Kansas.....	110
Tabla N° 45: Ensayo de cohesión.....	111
Tabla N° 46: Ensayo de rueda cargada.....	113
Tabla N° 47: Ensayo de desgaste por abrasión húmeda.....	115
Tabla N° 48: Ensayo de compatibilidad de la emulsión con el agregado fino.....	116
Tabla N° 49: Determinación de los agregados.....	118
Tabla N° 50: Determinación de la emulsión asfáltica.....	119
Tabla N° 51: Parámetros de dosificación para micropavimentos.....	120
Tabla N° 52: Dosificación de materiales para mortero de micropavimento.....	121
Tabla N° 53: Ensayos de desgaste por abrasión mediante inmersión en agua.....	123
Tabla N° 54: Ensayos de rueda cargada.....	124
Tabla N° 55: Dosificaciones óptimas de materiales para diseño de micropavimento.....	125
Tabla N° 56: Análisis de costo unitario de micropavimentos.....	126

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 01: Sección transversal de pavimento flexible.....	10
Gráfico N° 02: Estructura esquemática de polaridad de las emulsiones asfálticas.....	22
Gráfico N° 03: Estructura coloidal de la emulsión asfáltica	28
Gráfico N° 04: Proceso de fabricación de la emulsión asfáltica.....	28
Gráfico N° 05: Descripción atómica de los polímeros.....	35
Gráfico N° 06: Composición química de SBS.....	37
Gráfico N° 07: Mecanismos de adhesión y componentes históricos de fricción.....	43
Gráfico N° 08: Proceso de evaporación del agua del mortero asfáltico.....	44
Gráfico N° 09: Ubicación de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra	52
Gráfico N° 10: Formato de PCI – Pavimento Flexible.....	62
Gráfico N° 11: Orientación de arena chancada para micropavimentos.....	67
Gráfico N° 12: Triturado por impacto de piedra chancada para micropavimento.....	86
Gráfico N° 13: Zarandeo de arena chancada para micropavimento.....	87
Gráfico N° 14: Arena chancada para micropavimento.....	88
Gráfico N° 15: Tamizado de arena chancada.....	89
Gráfico N° 16: Ensayo de durabilidad mediante sulfato de magnesio.....	92
Gráfico N° 17: Secado de agregado para ensayo de durabilidad.....	93
Gráfico N° 18: Agregado para ser sometido a ensayo de desgaste.....	95
Gráfico N° 19: Máquina de los ángeles para ensayos de desgaste.....	95
Gráfico N° 20: Ensayo de equivalente de arena.....	97
Gráfico N° 21: Ensayo de azul de metileno.....	98
Gráfico N° 22: Ensayo de mezclado en forma manual.....	108
Gráfico N° 23: Determinación de fluidez de la mezcla por cono de Kansas.....	109
Gráfico N° 24: Ensayo de consistencia con cono de Kansas.....	110
Gráfico N° 25: Ensayo de cohesión.....	111
Gráfico N° 26: Cohesión para apertura de tráfico vehicular.....	111
Gráfico N° 27: Ensayo de rueda cargada – L.W.T.....	112
Gráfico N° 28: Cálculo máximo de contenido de asfalto.....	113
Gráfico N° 29: Modelaje de especímenes para prueba de abrasión.....	114
Gráfico N° 30: Prueba de pérdida por abrasión húmeda - W.T.A.T.....	115
Gráfico N° 31: Cálculo mínimo de contenido de asfalto.....	115

Gráfico N° 32: Proceso de elaboración de briquetas para prueba de compatibilidad.....	116
Gráfico N° 33: Prueba de briquetas después del ensayo de abrasión	117
Gráfico N° 34: Prueba de briquetas después del ensayo de cohesión.....	117
Gráfico N° 35: Contenido mínimo y máximo de asfalto	122
Gráfico N° 36: Contenido óptimo de asfalto.....	123
Gráfico N° 37: Máquina planta para aplicación de micropavimentos.....	159

RESUMEN

Las técnicas de mantenimiento de los pavimentos garantiza la serviciabilidad y por ende los beneficiarios se sentirán satisfechos; para ello es necesario articular proceso de mantenimiento de vía terrestre de carpeta asfáltica, desde un adecuado expediente técnico, necesidad y tipo de vía, proyección de vida útil, condiciones climatológicas, tipo de carga a la que estará sometida (estática y dinámica) y ejes equivalentes proyectados; en atención a lo cual el proceso de selección de materiales que se usará en toda las etapas deben de cumplir con las exigencias mínimas de calidad que debe de ser demostrado mediante ensayos y pruebas en laboratorios especializados.

Con apropiado monitoreo y métodos de evaluación superficial de los pavimentos flexibles, se tendrá su estado real de funcionalidad de desempeño de la infraestructura; para lo cual, con el propósito de extender la vida útil de la capa de rodadura, se propone alternativas de solución mediante intervenciones de revestimiento con los micropavimentos a fin de avalar apertura de tráfico permanente e intervenciones en tiempo record.

La finalidad de aplicación de los micropavimentos en la carpeta asfáltica de vías de transporte urbano con deterioro moderado, es conservar la capa de rodadura fallada, para ello se debe de realizar trabajo sistematizado, como recolección de materiales de altísima calidad, diseño, proceso constructivo y supervisión eficaz en todas las etapas; por lo que es fundamental realizar un estudio pormenorizado de evaluación superficial aplicando el método de PCI u otro método, para en seguida diseñar micropavimentos de acuerdo al uso de la vía, fallas evidenciadas y sus respectivos ensayos y pruebas de agregado, emulsión asfáltica y diseño de mortero de micropavimentos, según la normalización de la International Slurry Surfacing Association – ISSA A 143 y MTC EG - 2013. El micropavimento consiste en aprovechar cualidades de las mezclas asfálticas con microagregados, ligantes emulsionados con polímeros y agua, que permitan trabajar según la temperatura de ambiente y clima; los espesores van desde milimétricos hasta una pulgada, la colocación es muy práctica, económica, ecoamigable y rapidez en ejecución; resultante a este trabajo de escudriñamiento se propone a los micropavimentos como alternativa de solución en base a los análisis de los diferentes ensayos que se realizó en laboratorios especializados.

Palabras clave: Micropavimentos, emulsión asfáltica, carpeta asfáltica.

ABSTRACT

Pavement maintenance techniques guarantee serviceability and therefore the beneficiaries will be satisfied; To do this, it is necessary to articulate the asphaltic road maintenance process, from an adequate technical file, need and type of road, projection of useful life, weather conditions, type of load to which it will be subjected (static and dynamic) and axes projected equivalents; in response to which the process of selection of materials that will be used in all stages must meet the minimum quality requirements that must be demonstrated through tests and tests in specialized laboratories.

With proper monitoring and surface evaluation methods of flexible pavements, their real state of infrastructure performance functionality will be taken; for which, with the purpose of extending the life of the rolling layer, alternative solutions are proposed by means of coating interventions with the micro-pavements in order to guarantee permanent traffic opening and interventions in record time.

The purpose of applying the micropavimentos in the asphaltic folder of urban transport roads with moderate deterioration, is to preserve the failed rolling layer, for this, systematic work must be carried out, such as collection of materials of the highest quality, design, construction process and effective supervision at all stages; Therefore, it is essential to carry out a detailed study of superficial evaluation applying the PCI method or another method, to immediately design micropavimentos according to the use of the route, evidenced faults and their respective tests and tests of aggregate, asphalt emulsion and design of Micropavimento mortar, according to the standardization of the International Slurry Surfacing Association - ISSA A 143 and MTC EG - 2013. The micropavimento consists in taking advantage of qualities of asphalt mixtures with micro aggregates, binders emulsified with polymers and water, which allow to work according to the temperature of environment and climate; the thicknesses range from millimeter to an inch, the placement is very practical, economical, eco-friendly and fast in execution; As a result of this screening work, microsurfacing are proposed as an alternative solution based on the analysis of the different tests carried out in specialized laboratories.

Keywords: Microsurfacing, asphalt emulsion, asphalt folder.

I. INTRODUCCIÓN

La avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, está situada a la altura del kilómetro 27 ½ de la panamericana norte, esta vía fue diseñado para un tipo de transporte urbano liviano, sin embargo en los últimos cinco años ha tenido un incremento exponencial de vehículos de transporte pesado, debido que es usado como vía auxiliar frente al acrecentamiento del parque automotriz en la panamericana norte de la ciudad de Lima; por ende, ha superado las tolerancias de diseño y por lo que se está reflejando con fallas estructurales y superficiales en la carpeta asfáltica.

La parte más importante de una vía es la capa de rodadura, sea de concreto hidráulico o asfáltico; si esta estructura presenta fallas y es percibido por el usuario, no se puede pretender que el sistema integrado del pavimento esté cumpliendo para los fines de un transporte rápido, satisfactorio, confiable y convincente.

Con el propósito de certificar el sistema integrado del pavimento, se debe de contar con herramientas, técnicas y procesos que coadyuven en la conservación, para ello se debe de tener un amplio conocimiento sobre los elementos que conforman un sistema vial, y tener en claro que los activos viales de una ciudad son finitos; por ende, con una cultura clara de mantenimiento, en el momento adecuado y antes que incremente el deterioro y dentro de su vida útil, se debe realizar intervenciones oportunas y rutinarias.

Mediante el presente trabajo de investigación, se planteará filosofía de conservación de vía de transporte urbano liviano, con el propósito de mitigar el deterioro temprano de la capa de rodadura o carpeta asfáltica; siguiendo protocolos o estándares establecidos desde la necesidad de una vía, diseño, selección adecuada de materia prima, buenos ensayos, buenos análisis y buen diseño de micropavimentos o microaglomerados o microsurfacing en inglés para el revestimiento y adecuado proceso de aplicación, todo esto teniendo presente el cuidado del medio ambiente y tratando de generar menos contaminación.

Realidad problemática; actualmente las ciudades tienen un crecimiento demográfico significativo, y de ello se refleja la última encuesta realizada en el año 2017 por el INEI, de los cuales Lima Metropolitana posee una población de 8574974 y en particular el distrito de Puente Piedra ostenta una población de 329675 y con un progresión promedio de 3.5%.

De acuerdo a la información del (*MTC – Boletín Estadístico 2018*), en el primer semestre, al Perú se ha importado 86112 vehículos, existen 2929 empresas de transporte de pasajeros, 13896 vehículos de transporte de pasajeros; la ciudad de Lima cuenta con 277 empresas de transporte de pasajeros, 3649 vehículos de transporte de pasajeros, representa el 50.3% del total de empresas de carga a nivel nacional y 57.9% del parque automotor de empresas de carga. Es de vuestro conocimiento que estos vehículos circulan por las diferentes vías de comunicación terrestre y, por ende, este incremento exponencial de vehículos ha afectado significativamente nuestras carreteras y demás vías de comunicación terrestre.

Puente Piedra es uno de los 43 distritos de Lima Metropolitana, se encuentra en Lima Norte, tiene una superficie de 71.18 km², con una densidad poblacional de 4631.57 hab./km². Este incremento poblacional debe de reflejar las condiciones mínimas de calidad de vida, como vivienda, salud, educación, transporte y otros; sobre el particular lo que incumbe a la calidad de vía para el transporte terrestre, objetivo de nuestra investigación, trataremos con mayor precisión sobre el parque automotor que circula en sus vías de comunicación de transporte terrestre como la panamericana norte, avenidas y calles del distrito Puente Piedra, por ello nos hacemos las preguntas, como: realmente están preparadas las vías terrestres para el crecimiento del parque automotor, cuenta con vías de transporte terrestre planificadas, cuanta con avenidas y calles realmente diseñadas para el crecimiento de parque automotor, cuenta con vías que cumplen las condiciones mínimas de transitabilidad de acuerdo a la normatividad vigente.

En esta investigación describiremos sobre la problemática de la avenida San Remo que se encuentra ubicada a la altura del kilómetro 27 ½ de la panamericana norte, es una vía de pavimento flexible de 12 cuadras, con una longitud de 1450 m, un ancho de 16 m, vía bidireccional, doble carril por sentido, berma central de 2 m, calzada de 7 m por sentido; es una avenida de tránsito urbano que fue construido en el año 2013, mediante la modalidad de obra por contrata bajo la supervisión de la municipalidad distrital de Puente Piedra; es una obra relativamente joven; sin embargo en los 5 años que ha transcurrido la carpeta asfáltica ha sufrido cambios significativos debido al incremento exponencial de los ejes equivalentes en la panamericana norte (altura de la escuela de policías), este hecho es reflejado generalmente en horas punta, por ende, esta avenida sirve como una vía alterna de norte a sur y viceversa. Actualmente se evidencia circulación de vehículos livianos y

pesados con tonelajes mayores al diseño de la carpeta asfáltica, esto incide directamente a la estructura del pavimento y en particular a la capa de rodadura; con el propósito de tener una información clara se realizó levantamiento de información visual de las doce cuadras de la avenida en estudio, donde se ha identificado dos tipos de problemas puntuales:

Con principios de falla estructural de la carpeta asfáltica en puntos críticos de las tres primeras cuadras, que son las intersecciones de la panamericana norte, calle los rosales y pasaje 03.

Falla superficial de la carpeta asfáltica, debido a los trabajos de canalización de tuberías de gas natural de la concesionaria Cálidda, como parchado, desnivel en la capa de rodadura; pero en especial desprendimiento de agregados, peladuras y presencia de fisuraciones, esencia de estudio del actual trabajo de investigación.

Con el propósito de tener una perspectiva amplia de las investigaciones desarrolladas sobre conservación de la carpeta asfáltica y sus intervenciones como operación, subsistencia y serviciabilidad, se ha considerado como fuentes de información a nivel internacional, nacional y local, como:

✓ (*Castiblanco Casas, 2015*), en su tesis titulada “Uso de micropavimento para adecuación de vías municipales”, en atención a lo cual consideró, lo siguiente:

Objetivo general, proporcionar un artículo de sustentáculo técnico con conocimientos teóricos y prácticos para el uso de los sellos de lechada asfáltica o micropavimentos, como una alternativa de preservación de vías de tránsito liviano que son administradas por las municipalidades.

Objetivos específicos, intervenciones oportunas ante el desgaste de pavimentos, con sellos y micropavimentos adecuados, deben de ser diseñados de acuerdo a la necesidad del pavimento, con materiales apropiados como los áridos, emulsiones asfálticas, de modo que se debe de tener un concepto claro de sellos de lechada asfáltica y las diferencias, características y experiencias extranjeras.

Metodología usada: experimental.

Conclusiones, el revestimiento de las vías con micropavimentos es mediante capas de espesores mínimas y siempre teniendo en cuenta los factores medioambientales. Estas aplicaciones deben de ser de acuerdo al tipo de vía, con materiales adecuados y de preferencia cercana a la obra; esta tecnología es mucho más económica a comparación de una convencional.

Recomendaciones, realizar monitoreo permanente de las vías asfaltadas e intervención oportuna con el propósito de conservar la función básica.

(*Toscano Maila, 2014*), en su tesis titulada “Diseño de Micro-pavimento aplicado como tratamiento superficial para el control de la Variación Térmica en el pavimento flexible de la vía Pifo-Cusubamba, como parte del mantenimiento preventivo”, por consiguiente, se consideró, lo siguiente:

Objetivo general, diseñar micropavimentos que mitigue el deterioro imprevisto de la carpeta de rodadura ante falta de mantenimiento.

Objetivos específicos, que devuelva de forma rápida y eficaz las características físico-mecánicas, que minimice el deterioro repentino de la capa superficial de un pavimento flexible provocado por falta de sostenimiento, y los cambios de temperatura a la que está expuesta, diseñar mezclas a base de especificaciones establecidas, en consecuencia, plantea una fórmula ideal y análisis de costo beneficio.

Metodología usada: exploratoria, descriptiva y observación.

Conclusiones, los elementos que componen a los micropavimentos deben de tener las proporciones adecuadas de acuerdo a los cálculos y tomar muestras de materia prima en diferentes canteras y usar emulsiones asfálticas adecuadas con el propósito de diseñar y elaborar morteros de micropavimentos con diferentes dosificaciones y observar el comportamiento de sus propiedades físicas y mecánicas. Una vez obtenida la mezcla adecuada realizar la producción para la puesta en obra, por ese motivo el área de trabajo debe de ser limpio y determinado, con el propósito de garantizar adecuado mantenimiento y que cumpla con el propósito para confort del usuario.

Recomendaciones, la materia prima para la producción de los micropavimentos deben de cumplir con las especificaciones técnicas, materiales de calidad, laboratorios y

almacenajes adecuados y la aplicación mediante procedimientos adecuados y posterior a esto tener un monitoreo integral para la conservación.

- ✓ (*Ramos Huamán, 2018*), en su tesis titulada “Gestión de la conservación y beneficios de la aplicación de micropavimento en una concesión vial en el Perú”, por esta razón consideró, lo siguiente:

Objetivo general, consideró valorar los beneficios de la aplicación de micropavimento a nivel integral a más de 3900 m.s.n.m., mediante un manual de inspección de fallas para un mantenimiento articulado.

Objetivos específicos, proponer un sistema integrado de mantenimiento, evaluación de intervenciones de emergencia, tener documentos de consulta adecuada para personal técnico operativo de campo, estudiantes e investigadores.

Metodología usada: analítica.

Conclusiones, realizar evaluación integral, como pre, durante y post mantenimiento, Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y seguir realizando evaluaciones de las fallas de la vía, causas y dar propuestas de conservación con la aplicación de los micropavimentos.

Recomendaciones, hacer comparaciones de tecnologías en diferentes zonas con características y condiciones geográficas distintas, realizar estudios de fallas, intervenciones oportunas y cumplimiento las normativas establecidas.

- ✓ (*Hernández Salazar y Torres Sono, 2016*), en su tesis titulada “Evaluación estructural y propuesta de rehabilitación de la infraestructura vial de la Av. Fitzcarrald, tramo carretero Pomalca – Av. Víctor Raúl Haya de la Torre”, en atención a lo cual consideró, lo siguiente:

Objetivo general, efectuar análisis estructural de la infraestructura de la vía en estudio.

Objetivos específicos, realizar estudios, como: superficial, estructural, topográfico y tráfico de la vía con la intención de determinar intervención para la rehabilitación.

Metodología usada: cuantitativa cuasi experimental.

Conclusiones, el proceso constructivo no cumplió con los detalles técnicos del expediente técnico, por lo que propone la rehabilitación en los tramos afectados, debido que las fallas en la vía es por no considerar un proceso constructivo adecuado y por consiguiente usaron materiales de pésima calidad, el índice medio diario ha superado su diseño, las características del pavimento no fueron ejecutados de acuerdo al expediente técnico propuesto.

Recomendaciones, rehabilitación urgente, para ello la materia prima a usar en el proceso constructivo debe de cumplir las mínimas condiciones técnicas y realizar monitoreo permanente de las vías usando tecnologías electrónicas.

(Balarezo Zapata, 2017), en su tesis titulada “Evaluación estructural usando viga Benkelman aplicada a un pavimento”, por esa razón consideró, lo siguiente:

Objetivo general, hacer conocer la evaluación estructural mediante procedimientos sistemáticos en la toma de datos con viga Benkelman y su intervención temprana por intermedio de los gobiernos locales.

Objetivos específicos, motivar el uso de la viga Benkelman para la valoración estructural del pavimento, medición de deflexiones, uso de programas informáticos para su rapidez procesamiento de datos de los valores obtenidos en campo y determinar la valoración de la vía. Sabiendo que hay limitaciones y poca información técnica; esto servirá como material de consulta y base para el plan de mantenimiento para los gobiernos locales, cuya evaluación debe de ser en términos de CBR, ESG e IRI.

Metodología usada: cuantitativa experimental.

Conclusiones, los gobiernos locales deben de tener en cuenta cultura de mantenimiento de las vías aplicando tecnologías más recientes y por lo que recomienda realizar levantamiento de información con profesionales especializados con el propósito de avalar trabajos de calidad y perenne.

Recomendaciones, realizar levantamiento de información con profesionales especializados, ya que es la base para tener datos confiables y depende de ello los resultados.

- ✓ (*Yesquén Granda, 2016*), en su tesis titulada "Gestión y conservación de pavimentos flexibles, a través del índice de desempeño "PCI" en el entorno del distrito de Surquillo - Lima", por consiguiente, consideró, lo siguiente:

Objetivo general, establecer políticas de gestión y mantenimiento para la preservación de pavimentos, a través del parámetro de desempeño del PCI.

Objetivos específicos, establecer levantamiento de información visual, monitoreo, a través del método de PCI, establecer base de datos para las intervenciones oportunas para la conservación satisfactoria de la vía a lo largo de su vida útil, necesidad de afiliar métodos eficaces de esbozo, adecuadas técnicas constructivas, regímenes de gestión de sostenimiento, teniendo en cuenta la preservación del valor patrimonial de las calzadas ya que constituyen pieza del acervo (capital vial) de una urbe.

Metodología usada: aplicada y descriptiva.

Conclusiones, realizar levantamiento de información y sistematización digital con el propósito de tener monitoreado y por lo que recomienda crear base de datos del distrito vial, monitoreo constante utilizando técnicas modernas y la certificación de presupuestos financieros para la conservación. La vía que fue objeto de estudio se encuentra en condiciones regulares.

Recomendaciones, generar base de datos de la infraestructura vial, gestión eficiente, monitoreo permanente, uso de nuevas técnicas y métodos que coadyuven la conservación vial.

Pavimento de asfalto es el principal tipo de pavimento para las carreteras, que representa a un 90% en el mundo; los activos del pavimento progresivamente tienden envejecerse, por ende, cada año se gasta una enorme cantidad de fondos públicos en numerosos proyectos de mantenimiento y rehabilitación de carreteras con el propósito de mitigar el deterioro, por otra parte, las principales necesidades de rehabilitación no sólo afectará al tráfico de operación, si no también afecta a muchos sectores. En particular la reconstrucción periódica y rehabilitación sin planificación no sólo hará que existan gastos no deseados, desperdicios, congestión y accidentes, también dará lugar a la contaminación ambiental, los residuos de la tierra y el consumo de recursos (*Chao Jing, Jinxi Zhang y Bo Song, 2020, p. 1*).

Carretera: Camino para el tránsito de vehículos motorizados por lo menos dos ejes, cuyas características geométricas, tales como: pendiente longitudinal, pendiente transversal, sección transversal, superficie de rodadura y demás elementos de la misma, deben cumplir las normas técnicas vigentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (*Glosario de Términos, 2018, p. 7*).

Las carreteras, de acuerdo al Manual de Carreteras DG 2018 / MTC, se clasifican en:

Por su funcionalidad, esta clasificación la determina el MTC para la gestión de infraestructura de la vía sea nacional, regional y local.

Por su demanda IMDA, establecida por la cuantía de carros que circulan y a su vez se catalogan por:

- ✓ Autopistas de primera clase
- ✓ Autopistas de segunda clase
- ✓ Carreteras de primera clase
- ✓ Carreteras de segunda clase
- ✓ Carreteras de tercera clase
- ✓ Trochas carrozables

Carreteras terciarias o vías locales terciarias, rutas que dependen administrativamente por las municipalidades distritales y provinciales.

Clasificación por Orografía – Topografía, determinado por la topografía del terreno y a su vez se especifican según:

- ✓ Terreno plano tipo 1
- ✓ Terreno ondulado tipo 2
- ✓ Terreno accidentado tipo 3
- ✓ Terreno escarpado tipo 4

Clasificación por nivel de servicio: deberá realizarse un análisis de capacidad de la vía y de los niveles de servicio esperado, según el volumen de demanda y las condiciones reales del proyecto, lo que servirá para evaluar las características y/o restricciones de tránsito, geométricos, ambientales y de calidad del servicio que ofrecerá la vía a los usuarios, con el

fin de realizar los ajustes necesarios en los factores y/o parámetros considerados en el diseño geométrico (*Manual de Carreteras DG, 2018 / MTC, p. 120*).

Vehículos de transporte terrestre, de acuerdo al Decreto Supremo N° 058-2013-MTC, los vehículos, se clasifican en:

- ✓ Categoría L, con sus 5 sub categorías.
- ✓ Categoría M, con sus 3 sub categorías.
- ✓ Categoría N, con sus 4 sub categorías.
- ✓ Categoría S de combinaciones especiales, con sus 4 sub categorías.

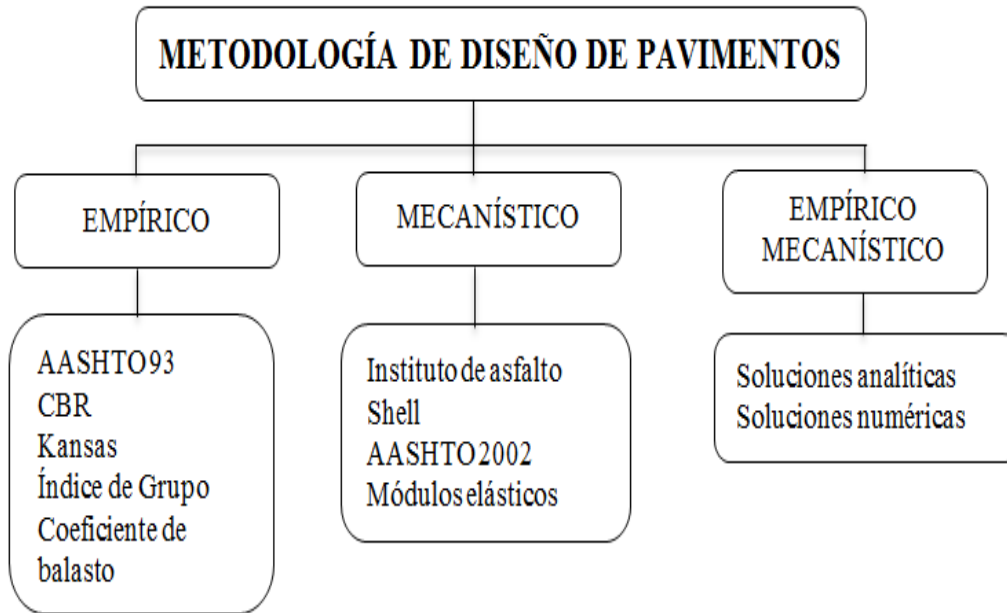
Índice Medio Diario Anual – IMDA: La carretera se diseña para un volumen de tránsito, que se determina como demanda diaria promedio a servir hasta el final del período de diseño, calculado como el número de vehículos promedio, que utilizan la vía por día actualmente y que se incrementa con una tasa de crecimiento anual. Estos volúmenes pueden ser obtenidos en forma manual o con sistemas tecnológicos (*Manual de Carreteras DG - MTC 2018, p. 92*).

Con el propósito de comprender sobre el sistema integrado que comprende un pavimento, se describe la parte esencial, como: la necesidad que surge, diseño, proceso constructivo, serviciabilidad, conservación, métodos de mantenimiento, uso y vida útil.

Según la *AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)*, define al pavimento en dos puntos de vista de ingeniería y del usuario; Ingeniería: el pavimento es un elemento estructural que se encuentra apoyado en toda la superficie sobre el terreno de fundación llamado subrasante, esta capa debe estar preparada para soportar un sistema de capas de espesores diferentes, denominado paquete estructural, diseñado para soportar cargas externas durante un determinado período de tiempo; Usuario: el pavimento es una superficie que debe brindar comodidad y seguridad cuando se transite sobre ella, debe proporcionar un servicio de calidad, de manera que influya positivamente en estilo de vida de las personas.

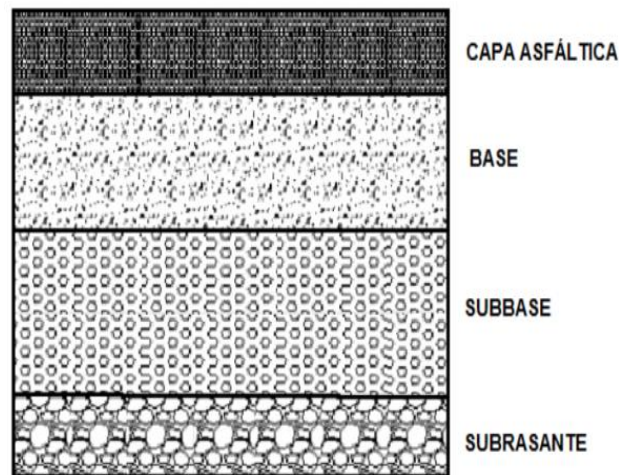
El pavimento es una estructura estratificada de diversas capas, erigida sobre una subrasante de la vía, con el propósito de estar en la capacidad de soportar carga fija (su propio peso) y los esfuerzos de cargas dinámicas; garantizando condiciones de confort, estabilidad y facilidad de circulación de los vehículos. La función principal es proporcionar rodadura

segura, cómoda, permanente y absorber las cargas del tráfico sin perder su integridad (esencia); según MTC ente rector del sector, clasifica en pavimentos rígidos, flexibles y semirrígidos.



Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico N° 01: Sección transversal de pavimento flexible



Fuente: González Daniel (2018), p. 20.

Subrasante: superficie terminada del corte del terreno natural, donde se instalará las otras capas del pavimento.

Subbase: es una estructura especificada de acuerdo a la dimensión de diseño, la cual tolerará las capas superiores como base y carpeta asfáltica. Esta capa de acuerdo a los factores climáticos diseñados sirve como capa de drenaje y según su CBR es mayor o igual al 40%, y con el propósito de mejorar sus características se puede tratar con cal, cemento o asfalto; las funciones principales son uniformizar el apoyo, facilitar la transición entre el cimiento y la sección estructural del pavimento y servir de plataforma de trabajo.

Base: es una capa intermedia del pavimento, que tiene la labor fundamental de sostener, intercambiar y transferir las cargas dinámicas, debe de ser de un material granular drenante con un CBR mayor o igual al 80% y para mejorar sus características se puede tratar con cal hidratada, cemento o asfalto. Cuya función es calar la mayor parte de los bríos verticales de la estructura.

Capa de rodadura asfáltica o bituminosa: es la parte superior del pavimento conocida también como carpeta asfáltica, debe de garantizar transitabilidad de los vehículos y existen de dos tipos impermeables y porosas. Cuya función principal es proporcionar características funcionales, impregnar los esfuerzos planos u horizontales y una parte de verticales.

Pavimento flexible: de acuerdo a la apreciación estructural, el pavimento flexible es la súper estructura de una vía, compuesta por varias capas, cuya función principal es trabajar sin presentar deformaciones ante las cargas dinámicas y a la vez transmitir los esfuerzos en forma distribuida a la subrasante y el suelo de fundación.

De acuerdo a la apreciación funcional, el pavimento flexible es la plataforma donde circulan vehículos terrestres o aéreos y esto debe de manifestar confort de manera segura permanente y económica.

Se denomina pavimento flexible, cuando las características de su estructura flexionan ante carga externa dinámica que transita sobre el pavimento, esta estructura superficial está constituida por materiales asfálticos y agregados pétreos, en promedio de existencia útil es de 10 a 15 años; es una estructura que está diseñada para que falle en un tiempo determinado.

Carpeta asfáltica: es la cubierta bituminosa (capa asfáltica) o capa de rodamiento, está elaborado a base de material pétreo y productos asfálticos; desempeña el puesto de proteger la superficie impidiendo la intrusión de cualquier elemento líquido y la no desintegración de capas inferiores. La estructura debe de poseer granulometría preparada, con segura dureza ante desgastes por fricción, intemperismo y cualquier agente natural que se presente; para la instalación de la capa de rodadura o carpeta asfáltica se hace trabajos previos de imprimación del riego ligante, que sirve como revestimiento cuyo espesor no deben de pasar los 3 mm; las carpetas asfálticas de acuerdo a su diseño pueden ser monocapa o bicapa, y cuando amerita la preservación ante desgaste acelerado por fricción, se debe de proteger con sellos de fricción como microaglomerados o micropavimentos.

Gestión de mantenimiento de pavimento: es el sistema de procedimientos que se realiza con el propósito de certificar serviciabilidad y la existencia útil del pavimento, con herramientas óptimas y toma de decisiones más adecuadas a fin de determinar intervenciones oportunas, rutinarias o correctivas.

El objetivo primordial del estudio es examinar el efecto de incluir aspectos ambientales y la disponibilidad de fondos en el diseño de estrategias de mantenimiento sostenible; el estudio tiene como objetivo ayudar con la selección de estrategias de mantenimiento, considerando los aspectos técnicos, económicos y ambientales durante el ciclo de vida del pavimento (*Torres Cristina, Osorio Alelí y otros, 2018, p. 194*).

El mantenimiento, es un sistema integrado de conservación, recuperación y restauración de un pavimento, con la intención de salvaguardar el estado de funcionalidad o en su condición subsiguientemente de mejora continua, y todo esto mediante la planificación integral y en todo momento con un imperceptible gasto e interrupción de tráfico. El sostenimiento del ciclo vicioso garantizará preservación de la capa de rodadura del pavimento, atenuando el desgaste acelerado y con el intento de cumplir para el ciclo de vida útil que fue diseñado.

Para tener una mejor vida funcional de un pavimento, el mantenimiento preventivo es la herramienta eficaz, para lo cual se debe de usar programas de preservación sistematizada, se debe de integrar muchas estrategias de mantenimiento y tratamientos de rehabilitación. Una prometedora tecnología de micro superficie está siendo utilizada en los Estados Unidos de Norte América desde la década de 1980; con los micropavimentos se realiza

rehabilitación superficial de los pavimentos de asfalto, para lo cual se mezcla agregados con emulsión asfáltica con polímeros modificados (alrededor de 5.5- 10,5% en peso), agua (hasta 15% como se requiere para producir consistencia de la mezcla adecuada), aditivo de polímero (alrededor de 3% en peso) y materiales de carga mineral (alrededor de 3% del peso de la mezcla seca total); el resultado de este es un mortero que sirve para tratamientos superficiales y revestimiento de la carpeta asfáltica (*Rajesh Gujar y Vinay Vakharia, 2019, p. 219 – 220*).

La manifestación de presencia de las fallas como desprendimiento de agregados, fisuras, deformaciones y bacheos es la clara evidencia de desgaste del pavimento, debido a muchos factores como incremento de tráfico vehicular, condiciones climáticas, incremento de ejes equivalentes y otros. Detectar e intervenir a tiempo toda manifestación u observación, es el trabajo más adecuado asertivo y esto conlleva la intervención en menor tiempo y a menor costo.

Los trabajos de intervención se deben de realizar posterior a las investigaciones exhaustivas de los problemas que originan, para lo cual se debe de establecer parámetros y estadísticas con el propósito de cuantificar la viabilidad económica, costo beneficio de la inversión, beneficiarios y la satisfacción de sus usuarios; todo esto con el intento de avalar la vida útil del sistema integrado del pavimento.

Con monitoreo sistematizado, intervenciones oportunas y el aprovechamiento de tecnologías adecuadas como son los micropavimentos, se certificará el cumplimiento de vida útil de la carpeta de rodamiento a un menor costo.

Causas que menoscaben el diseño de los pavimentos:

- ✓ Características de la subrasante
 - Resistencia
 - Susceptibilidad
- ✓ Clima y condiciones ambientales
 - Precipitación
 - Temperatura
 - Tránsito
 - Configuración de los ejes equivalentes

- Número de repeticiones de carga
- Cargas por eje
- Área de presión y contacto
- Velocidad
- Distribución vehicular direccional y por carril
- Incremento de parque automotor
- ✓ Propiedades de los materiales
 - Subbase
 - Base
 - Carpeta de rodadura
- ✓ Criterios de falla
 - Superficial
 - Estructural

Serviciabilidad de los pavimentos: es un parámetro de medida para establecer el comportamiento del pavimento, mediante la cual los beneficiarios perciben su comodidad, seguridad o disconformidad; a este parámetro también se le conoce como comportamiento funcional del pavimento.

Evaluación de los pavimentos: es la valoración de los pavimentos, radica en el monitoreo sistemático mediante metodologías estandarizadas y bajo un marco normativo, por ende, es importante el análisis integral de comportamiento para tener presente que su estructura sufrirá deterioro a medida que pasa el tiempo, aun cuando sea apropiadamente diseñado y edificado de acuerdo a las especificaciones técnicas y normas de calidad establecidas por el ente rector o normas internacionales. Los pavimentos viales poseen vida útil limitada; aunque con un mantenimiento adecuado adquirirán un punto de falla, los pavimentos es la única estructura de ingeniería que se diseña para que falle dentro de un tiempo determinado, y para entender mejor las fallas en los pavimentos, se puede inferir que es a la interacción de varios factores, como:

- ✓ La estructura no fue diseñado de acuerdo a la realidad y proyección útil.
- ✓ El incremento de tráfico y tipo de cargas.
- ✓ Falta de compromisos de mantenimiento.
- ✓ Aspectos climatológicos.

La falla del pavimento flexible se puede establecer en dos aspectos muy puntuales, como: estructural y funcional.

Evaluación funcional o superficial del pavimento flexible: es la auscultación superficial de los pavimentos, es una técnica que facilita comprensión detallada del estado de funcionalidad superficial de los pavimentos, lo que permite efectuar el monitoreo de su conducta a través del tiempo y proyectar las intervenciones de mantenimiento en forma sistemática y económica.

La evaluación superficial tiene por esencia la recopilación de información de las deficiencias que relaciona, especialmente a la capa de rodadura y, al determinar aquellas fallas que afectan directamente condición de funcionalidad, esto evidencia en la afectación directa al usuario, tales como: comodidad, seguridad y transitabilidad. Esta falla generalmente inicia cuando pierde su función inicial del diseño; principalmente afecta a la carpeta asfáltica, la detección temprana se puede hacer con inspección visual, ya que no necesita en mayoría de los casos profesionales especialistas o equipos especializados; por lo que algunas deficiencias pueden ser como:

- ✓ Rugosidad
- ✓ Fallas superficiales
- ✓ Pérdida de fricción

Con el propósito de determinar la evaluación superficial de los pavimentos se puede usar diferentes métodos, como:

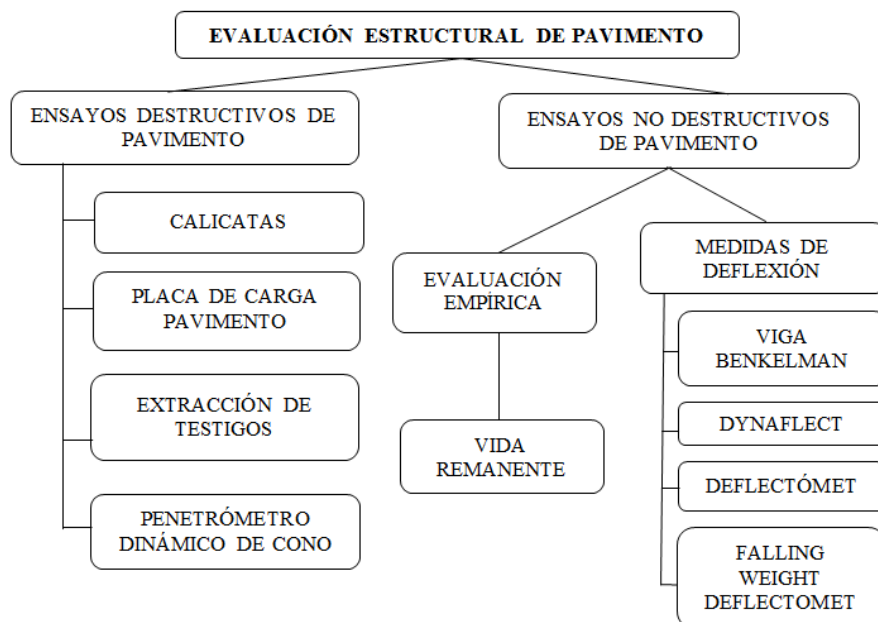
- ✓ Metodología CONREVIAl
- ✓ Índice de Condición de Pavimento – PCI
- ✓ Evaluación de Superficie de Pavimento – PASER (Pavement Surface Evaluation and Rarting)
- ✓ Propuesta de MTC
- ✓ Determinación del IRI
- ✓ Determinación del PSI

Evaluación estructural del pavimento flexible: es la valoración de falla de pavimentos flexibles, en la cual se determina la capacidad estructural de todas las partes que componen o parcialmente de acuerdo a la apreciación del especialista experimentado.

Cuando se evalúa las fallas estructurales, es porque su serviciabilidad ha cambiado su propósito y esto es reflejado mediante la incomodidad de los usuarios; se puede considerar como fallas graves, y la principal expresión son las hientes, las que significativamente van reduciendo el aporte estructural, la que va adicionando a la deflexión y como resultado es la fatiga del pavimento. Estas deformaciones con presencia de deterioros se manifiestan debido a que su capacidad de resistir las demandas de carga y condiciones medioambientales ha superado el diseño esperado del pavimento; la detección puede ser mediante observación o mediante ensayos destructivos o no destructivos.

Los métodos empleados para la evaluación estructural pueden ser destructivos o no destructivos, dependiendo del grado de alteración física producida a los materiales durante el proceso de evaluación. En el primer caso esto significa generalmente perforar el pavimento, para determinar el espesor de sus capas, observar el estado (agrietamiento, densidad, humedad, segregación, etc.) y obtener muestras de los materiales para ser ensayadas en el laboratorio. También puede excavar el pavimento para efectuar algún tipo de prueba a diferentes profundidades (CBR, peso volumétrico, módulo de reacción, etc.) (Casia Boza, 2015 p. 8).

Métodos de evaluación estructural de los pavimentos



Fuente: Elaboración Propia.

Ligantes hidrocarbonados: ligantes hidrocarbonados son mezclas complejas de hidrocarburos, generalmente de color negro o muy oscuro, están compuestos por materiales aglomerantes de carácter termoplástico con susceptibilidad térmica y con pérdida de propiedades estructurales en la parte superficial (envejecimiento). Estos ligantes se clasifican en:

- ✓ Ligantes bituminosos, derivados de petróleo, y se catalogan en:
 - Betunes asfálticos
 - Betunes fluidificados y fluxados
 - Emulsiones bituminosas
 - Ligantes bituminosos modificados, a su vez estos se catalogan en:
 - Betunes asfálticos modificados
 - Emulsiones bituminosas modificadas
- ✓ Asfaltos naturales
- ✓ Alquitrán (derivado de la hulla): Breas más aceites de hulla

Las mezclas bituminosas se emplean desde el principio del siglo XIX en las capas superiores de los pavimentos, no solo de carreteras o aeropistas, sino también en otro tipo de infraestructuras. Una mezcla bituminosa consiste en la combinación de agregados pétreos y ligantes asfálticos de diversos tipos y espesores (*Montejo Fonseca, 2006, p. 42*).

Se definen como mezclas bituminosas la combinación de un betún asfáltico, materiales pétreos con bajas simetrías definidas en tamices, polvo mineral, aditivos; de modo que toda la película sea homogénea y trabajable, cuyo proceso de producción y puesta en obra se debe de efectuar a temperatura superior al del medio ambiente.

Las mezclas asfálticas se fabrican habitualmente en plantas mezcladoras, pero en ciertos casos consiguen producir en obra (in situ), y estas mezclas asfálticas pueden ser:

- ✓ Mezclas abiertas en frío
- ✓ Mezclas abiertas en caliente
- ✓ Mezclas densas en frío
- ✓ Concreto asfáltico o mezcla densa en caliente
- ✓ Arena raya asfalto

- ✓ Tratamientos superficiales
- ✓ Lechadas asfálticas (Slurry and seal)
- ✓ Mezclas asfálticas drenantes
- ✓ Mezclas discontinuas o micro aglomerados en caliente
- ✓ Mezclas tibias
- ✓ Mezclas asfálticas modificadas
- ✓ Materiales granulares estabilizados con asfalto en frio o caliente

Con el designio de responder calidad integral y composición de la mezcla asfáltica, debe de cumplir con las siguientes características, como:

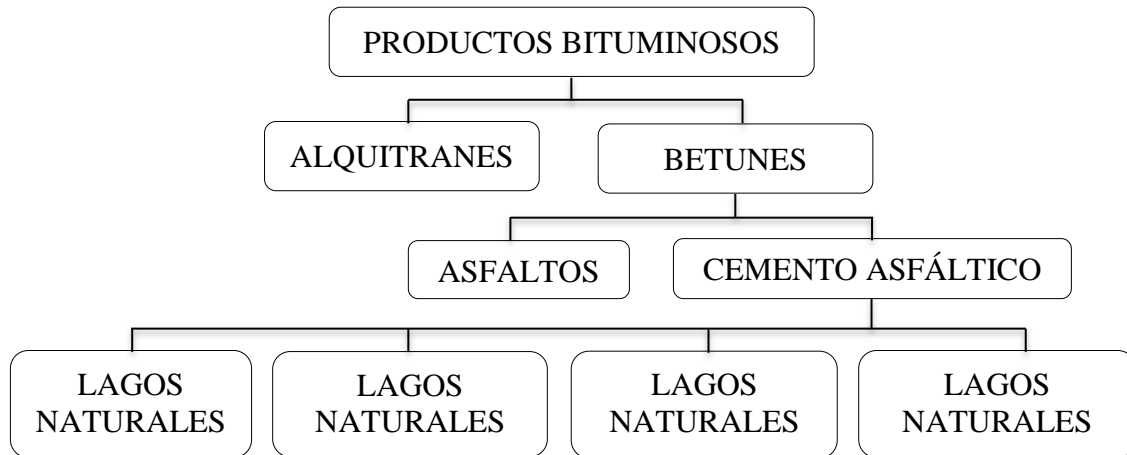
- ✓ Resistencia bajo carga monotónica o tracción (estabilidad)
- ✓ Resistencia a las deformaciones permanentes
- ✓ Resistencia a la fatiga
- ✓ Resistencia al deslizamiento
- ✓ Impermeabilidad
- ✓ Resistencia a la oxidación (envejecimiento)
- ✓ Durabilidad
- ✓ Resistencia a las condiciones ambientales o climatológicas
- ✓ Trabajabilidad
- ✓ Economía

Materiales para ligantes asfálticos: los productos asfálticos utilizados para el proceso de construcción de pavimentos, en la mayoría proceden de la sublimación del hidrocarburo crudo por medio natural o mediante proceso industrial. A la materia prima (ligante) se le adiciona el agregado pétreo para conformar mezclas asfálticas, y estos garantizarán una carpeta asfáltica con firmeza mecánica bajo carga monotónica y dinámica, impermeabilidad, durabilidad, pero en especial brinde transitabilidad adecuada a los vehículos, estos asfaltos, pueden clasificarse en:

- ✓ Cemento asfáltico
- ✓ Emulsiones asfálticas
- ✓ Asfaltos rebajados
- ✓ Asfaltos modificados y multigrados
- ✓ Asfaltos esfumados

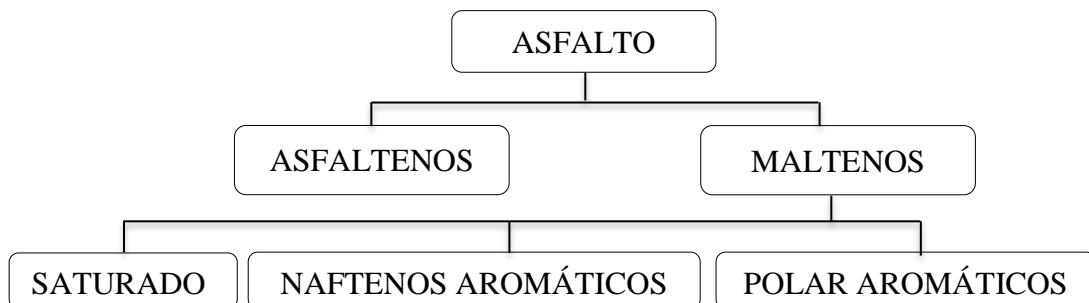
- ✓ Crudos pesados
- ✓ Asfálticas o asfaltos naturales

Estructura físico química de productos bituminosos



Fuente: Elaboración Propia.

Estructura físico química del ligante asfáltico



Fuente: Elaboración Propia.

Para el propósito de la tesis, sobre la aplicación de los micropavimentos para la conservación de la carpeta asfáltica, describiremos los materiales más usados, como:

El cemento asfáltico: se designa por las letras CA o AC (Asphalt Cement en un país anglosajón) y se clasifican por lo general de acuerdo con su consistencia evaluada a través de los ensayos: Penetración y viscosidad. Otra forma de clasificación, utilizada en países desarrollados, se realiza a través del grado de funcionamiento (PG por sus siglas en inglés) (Rondón Quintana y Reyes Lizcano, 2015, p. 34).

De acuerdo a sus propiedades reológicas, resultado de ensayos logran ser concebidos como la firmeza que experimenta el cemento asfáltico cuando se permite penetrar en él una aguja normalizada de 100 g de masa durante 5 segundos a temperatura estándar de 25° C. Las mezclas que se elaboran con cemento asfáltico como ligantes son llamadas mezclas en caliente, por lo que requieren temperaturas de 135 a 160° C para poder consolidar con el agregado pétreo; sin embargo el cemento asfáltico a temperatura ambiente es un material sólido viscoso que no puede adherirse con ningún agregado; y, con el intento de garantizar calidad en obra para la temperatura de compactación se tiene que realizar pruebas en laboratorio de acuerdo a los tramos, distancia de la planta de fabricación del cemento asfáltico y las condiciones medioambientales.

El cemento asfáltico debe de presentar gradaciones adecuadas de viscosidad, por lo que es importante que ofrezca condiciones de facilidad de bombeo entre las instalaciones de almacenamiento en planta y el tanque mezclador, proceso de mezclado con los agregados y facilidad para ser extendida y compactada.

La dureza del cemento asfáltico se determina mediante metodologías directas a altas temperaturas a través de viscosímetros capilares, y a bajas temperaturas a través de viscosímetros de cono.

Comercialmente en el Perú la empresa estatal Petroperú a los asfaltos sólidos o cementos asfálticos, los clasifica de acuerdo a la penetración, como:

- ✓ AC 10-20: Cemento asfáltico con penetración entre 10 y 20 décimas de milímetro, uso industrial
- ✓ AC 20-30: Cemento asfáltico con penetración entre 20 y 30 décimas de milímetro, uso industrial.
- ✓ AC 40-50: Cemento asfáltico con penetración entre 40 y 50 décimas de milímetro; se precisa que es el grado más duro y tiene una consistencia tal que a temperatura ambiente solo alcanza a producir en ellos una leve huella superficial.
- ✓ AC 60-70: Cemento asfáltico con penetración entre 60 y 70 décimas de milímetro, el más usado en el mercado peruano.
- ✓ AC 85-100: Cemento asfáltico con penetración entre 85 y 100 décimas de milímetro.
- ✓ AC 120-150: Cemento asfáltico con penetración entre 120 y 150 décimas de milímetro.
- ✓ AC 200-300: Cemento asfáltico con penetración entre 200 y 300 décimas de milímetro;

se precisa que éstos son los más blandos y moderadamente firmes a la temperatura ambiente.

Reología del asfalto: la reología es la ciencia que estudia el flujo y la deformación de los materiales bajo condiciones de esfuerzos (cargas) en determinado tiempo; por ende, las deformaciones en los cuerpos intermedios (entre sólido elástico y líquido viscoso) son permanentes.

La reología de los asfaltos, se puede entender como la transformación de sus propiedades, debido que han estado sometido a esfuerzos (cargas) en un determinado tiempo; se entiende que los ligantes asfálticos cuando han sido sometidos a variación de temperatura consiguen comportarse a modo de un fluido viscoso (a alta temperatura) y a modo de un sólido elástico a temperatura ambiente (temperatura de servicio); por ende, los ligantes asfálticos para pavimentos, siempre estarán sometido básicamente al flujo de cargas y condiciones medioambientales extremas.

Cemento asfáltico modificado: la tecnología de los asfaltos y de las mezclas asfálticas modificadas ha sido ampliamente estudiada y utilizada en el mundo. Con la adición de polímeros u otros productos al asfalto se modifican las propiedades físico-mecánicas, químicas y reológicas de las mezclas asfálticas. Cuando se utiliza esta tecnología se pretende mejorar el comportamiento que experimentan las mezclas tradicionales cuando son sometidas a diferentes condiciones de carga y del medio ambiente. Por lo general las propiedades que se intentan mejorar son la rigidez y la resistencia bajo carga monotónica, al ahuellamiento, a la fatiga y al envejecimiento, así como disminuir la susceptibilidad térmica y el daño por humedad. Y el uso de esta tecnología es también frecuente cuando es necesario que la superficie de la carretera posea una vida útil más larga de lo normal o en aplicaciones especializadas que permiten espesores más delgados de capas asfálticas o disminuir dichos espesores (*Rondón Quintana y Reyes Lizcano 2015, p. 51*).

Al cemento asfáltico modificado se esgrimen como agentes modificadores como los polímeros de tipo elastómero, con el propósito de optimizar primordialmente la actuación resiliente (recobro elástico) de las mezclas; tales pueden ser el grano de caucho reciclado de llantas de neumáticos (GCR), látex natural, estireno, butadieno (SBS y SBR); pero también existen otros polímeros como plastómeros (polietilenos de baja y alta densidad), PVC, polipropileno y poliestireno; estos al ser añadidos al cemento asfáltico rigidizan a la mezcla

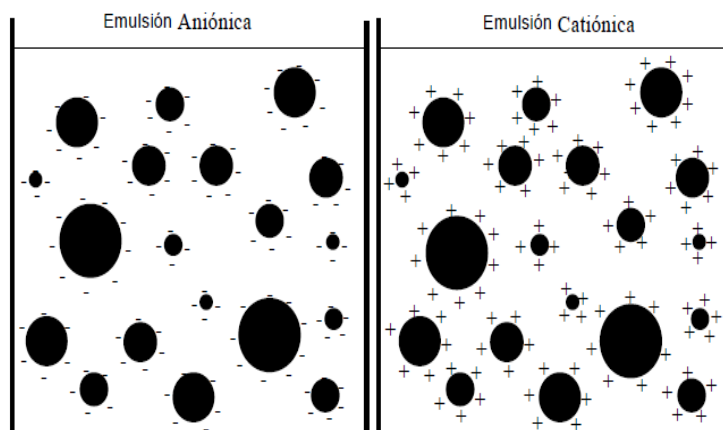
asfáltica y este proceso es conocido en el mercado comercial como termoplásticos.

Emulsiones asfálticas: según *Rondón Quintana y Reyes Lizcano, (2015, p. 54)*, son el producto de la adición de agua a un cemento asfáltico. Para que estos dos materiales se puedan mezclar es necesario incorporar un tercer componente, denominado agente emulsificante, que puede ser arcilla coloidal, silicato solubles o insolubles, jabón o aceites vegetales sulfatados. Este emulsificante aporta carga eléctrica a la emulsión para la fabricación de emulsiones asfálticas se utilizan molinos coloidales o turbinas. El contenido del cemento asfáltico en volumen en emulsión se encuentra entre 55 a 70%, según la rapidez con que se origina la rotura (salida del agua de la mezcla), estas emulsiones pueden ser de:

- ✓ Emulsión asfáltica de rompimiento rápido (RR)
- ✓ Emulsión asfáltica de rompimiento medio (RM)
- ✓ Emulsión asfáltica de rompimiento lento (RL)

Estas emulsiones pueden ser catiónicas (C) o aniónicas (A). Las aniónicas tienen mayor afinidad con los agregados pétreos de tipo calcáreo y calizo y las catiónicas con los basaltos, granitos de origen silicio.

Gráfico N° 02: Estructura esquemática de polaridad de las emulsiones asfálticas



Fuente: Luis Delbono / Tesis doctoral, p. 97.

Las emulsiones asfálticas con dispersiones en agua de glóbulos asfálticos de 2 a 3 micrones de diámetro, se mantiene estables en presencia de un agente emulsificante que puede ser jabones resultantes de tratamiento de ácidos grasos o resinas con bases fuertes (Usado para la fabricación de emulsiones aniónicas) o los resultantes de la acción de los ácidos

minerales sobre compuestos amínicos (Usado para las emulsiones catiónicas) (*Montejo Fonseca 2006, p. 46 tercera edición tomo 2*).

Las preeminencias de la usanza de las emulsiones asfálticas con respecto a los ligantes, asfaltos y cut-backs, se emplean en frío y podemos mencionar algunas ventajas como:

Se puede usar agregados ácidos e incluso húmedos

- ✓ La rotura es controlada
- ✓ De fácil trabajabilidad y distribución del ligante
- ✓ No produce contaminaciones medioambientales
- ✓ No se usa combustible, por ende, no existe peligro de incendio ni explosión
- ✓ No necesita activantes para para obtención de buena adhesividad entre ligante y agregado.

Concreto asfáltico: estas mezclas son conocidas como HMA (por sus siglas en inglés) son mezclas diferentes a las MAF, estas mezclas ostentan áridos con granulometría muy definida; esta mezcla se fabrica a temperaturas altas de hasta 180 °C siempre y cuando dependiendo de la viscosidad, estos morteros son de alta calidad que pueden ser esgrimidas como capa asfáltica de rodadura o base asfáltica. En este diseño de concreto asfáltico es muy importante desempeñar con las exigencias mínimas de granulometría y disposición del agregado grueso; los ensayos de esta mezcla se miden de acuerdo a la constitución volumétrica y firmeza de la mezcla asfáltica bajo condiciones de cargas variables y pesadas, con el propósito de fijar el porcentaje óptimo del asfalto.

Lechadas asfálticas (Slurry and seal): son técnicas para tratamientos superficiales de carpeta asfáltica, relativamente moderna; está compuesta por la emulsión asfáltica de rotura lenta y controlada, agregados finos según requerimiento, filler mineral, agua y aditivos para mejorar la adhesividad; la incorporación de los aditivos es para controlar la rotura de la mezcla. Este tratamiento es usado en espesores milimétricos desde 3 mm a 8 mm, la aplicación permite tamaño máximo de agregado de hasta 1/4" y puede ser: Tipo I, Tipo II y Tipo III.

Mezclas asfálticas modificadas: existen dos técnicas de utilización de polímeros o aditivos para modificar la estructura de las propiedades de las mezclas asfálticas sea vía húmeda o seca. Cuando es por vía húmeda, el polímero o aditivo es agregado al asfalto a temperatura

ambiente y cuando el ligante está modifica se adiciona al agregado pétreo, por ejemplo puede ser el proceso de fabricación con pizca de caucho de neumático en desuso; y por vía seca, el aditivo reemplaza al agregado pétreo con fracciones más refinadas, a éste se le suma alta temperatura para recibir el asfalto y de esta manera obtener la mezcla asfáltica; la vía húmeda es de mayor costo inicial debido a que necesita instalaciones nuevas para el proceso de producción de la mezcla, mientras por vía seca el tiempo de compactación de la mezcla, la cantidad del ligante asfáltico es mayor y a comparación de vía húmedo es de menor costo.

Para la caracterización de las emulsiones de asfálticas, es esencial evaluar su calidad y de acuerdo a las pruebas, se puede establecer si la emulsión puede ser utilizada para una determinada aplicación; entre los más importantes parámetros a evaluar son su viscosidad, estabilidad y tipo de emulsión de rotura lenta, media o rápida (*Ronald Mercado y Luis Fuentes, 2017, p. 848*).

Las mezclas modificadas se obtienen mediante el proceso de modificación por vía húmeda y con ello se logra optimizar sus propiedades de las mezclas asfálticas, como:

- ✓ Rigidez
- ✓ Cohesividad
- ✓ Resistencia a la fatiga
- ✓ Resistencia al daño por humedad
- ✓ Adherencia entre agregados pétreos
- ✓ Mitigación a ahuellamiento, bajo carga cíclica y monotónica
- ✓ Control a fisuración y susceptibilidad térmica
- ✓ Control al envejecimiento

El uso de los polímeros en mezclas asfálticas se cataloga en dos magnos conjuntos, como: termoendurecibles y termoplásticos. Los termoendurecibles no se utiliza para modificar asfaltos, debido que a altas temperaturas se pueden descomponer o degradar sus propiedades reológicas; mientras los termoplásticos si se puede usar para modificar los asfaltos ya que son resistentes a altas temperaturas y sin que se degrade significativamente sus propiedades, a la vez los termoplásticos se pueden subdividir en: Elastómeros y Plastómeros; los elastómeros que se utiliza para modificar los asfaltos son los cauchos naturales como el estireno-buta-dieno-estireno (CBS), los cauchos sintéticos derivados de

petróleo como el estireno – buta- dieno – caucho (CBR) y el grano de llanta reciclado y triturado (GCR); y los plastómeros tenemos: polietileno de alta y baja densidad (PEAD, PEBD), polipropileno, policloruro de vinilo (PVC) y poliestireno (PS); sin embargo, las últimas investigaciones de los asfaltos modificados, han usado agentes modificadores del tipo elastómero ya que este aditivo al ser adicionado al asfalto mejora significativamente la recuperación elástica (comportamiento resiliente) cuando existen cargas considerables y cambio de altas temperaturas de servicio, pero cuando se modifican con aditivos plastómeros, tiende a tener incremento en la resistencia mecánica y, por ende, el asfalto se rigidiza.

Asfaltos líquidos: los asfaltos líquidos conocidos también como cut-backs o asfaltos rebajados, se producen diluyendo cemento asfáltico en algún solvente del petróleo (*Montejo Fonseca 2006, p. 45 tercera edición tomo 2*).

Mezcla asfáltica abierta en caliente: es una mezcla similar a la MAF; la diferencia radica que este tipo de mezcla emplea como ligante cemento asfáltico (generalmente de tipo CA 60 – 70 o CA 40 – 50). Adicionalmente son mezclas que se deben de fabricar, extender y compactar a altas temperaturas. La temperatura de fabricación de esta mezcla oscila entre 110 y 120 °C. Su principal campo de aplicación son los bacheos y las capas de rodadura. De acuerdo con Invías (2013), salvo que los estudios del proyecto indiquen lo contrario, se empleara la mezcla tipo MAC -50. Las principales diferencias entre MAC – 50, MAC – 63 y MAC – 75 son el tamaño máximo de partícula y la granulometría del agregado pétreo (*Rondón Quintana y Reyes Lizcano 2015, p. 81*).

Mezcla asfáltica densa en frio: a diferencia de la mezcla MAF descrita con anterioridad, las MDF son del tipo denso; una mezcla espesa se diferencia de una abierta o porosa en que los agregados minerales presentan granulometría con variedad de tamaño (bien gradada) con algún porcentaje de finos, esto permite una vez compactada que la mezcla logre deflación importante en los vacíos, incremento de resistencia mecánica y disminución de permeabilidad. El ligante asfáltico esgrimido para producir las mezclas MDF son las emulsiones tipo CRL -1 o CRL – 1HP. También son denominados asfaltos rebajados de consistencia blanda y fluida, el límite máximo de grado de penetración es de 300, es un ligante hidrocarbonado resultante de la adición del cemento asfáltico, mayormente se usa para imprimación de curado medio y la viscosidad mínima del producto es a 60 °C.

Micropavimento: es una mezcla de emulsión asfáltica modificada con polímeros, agregados pétreos triturados por impacto (hasta obtener arena chancada), agua potable sin impurezas, aditivo, filler mineral y agente emulsificante en proporciones apropiadas; y una vez obtenido el mortero son aplicados como revestimiento sobre la carpeta asfáltica.

El microsurfacing es una mezcla de emulsión asfáltica modificada con polímero, agregado mineral o agregado pétreo, agua, aditivos, debidamente dosificados, mezclados y esparcidos sobre la superficie de pavimento debidamente preparada y debidamente limpia (*Tahuite Arana, 2011, p. 14*).

El micropavimento o microaglomerado (microsurfacing en inglés), es un mortero asfáltico compuesto y diseñado de acuerdo al tipo de vía, falla superficial de la carpeta asfáltica y condiciones climatológicas, se clasifican en micropavimentos en caliente o frío, con rotura controlada, rápida o retardada.

La aplicación de los micropavimentos se realiza sobre la capa de rodadura de espesor uniforme y según la proyección de vida útil, de acuerdo al tipo de tránsito; este revestimiento impermeabiliza y atenúa desprendimiento de los agregados con el propósito de conservar la carpeta asfáltica, su característica principal es proporcionar firmeza ineludible a las fuerzas abrasivas de carga vehicular y a las condiciones adversas medioambientales.

El micropavimento es un mortero para mantenimiento preventivo, que ha sido ampliamente utilizado en mantenimiento de pavimentos de asfaltos con fallas intermedias a leves; también mejora el rendimiento de resistencia al deslizamiento, suavidad, impermeabiliza a cualquier agente líquido y controla el desgaste del pavimento, sino que también repara la formación de surcos y fisuras. La reapertura al tráfico es en tiempo record y la aplicación es práctica y económica (*Yaofei Luo, Ke Shang y otros, 2019, p. 193*).

A pesar del cumplimiento de los criterios de pruebas especificados, la micro-superficie también debe ser de fácil colocación y acabado con la finalidad de proporcionar tratamiento estable y duradero, que satisfaga los requisitos de resistencia al deslizamiento y profundidad de textura (*Steve Patrick, 2018, p. 9*).

La selección de un tratamiento de superficie adecuado para un pavimento existente es un desafío difícil, debido a la cantidad de variables que deben considerarse. Estos incluyen condiciones del pavimento, entorno, geografía o terreno del pavimento, material disponible, equipos, fondos disponibles y esperanza de vida (*Morían, Dennis, 2011, p. 17*)

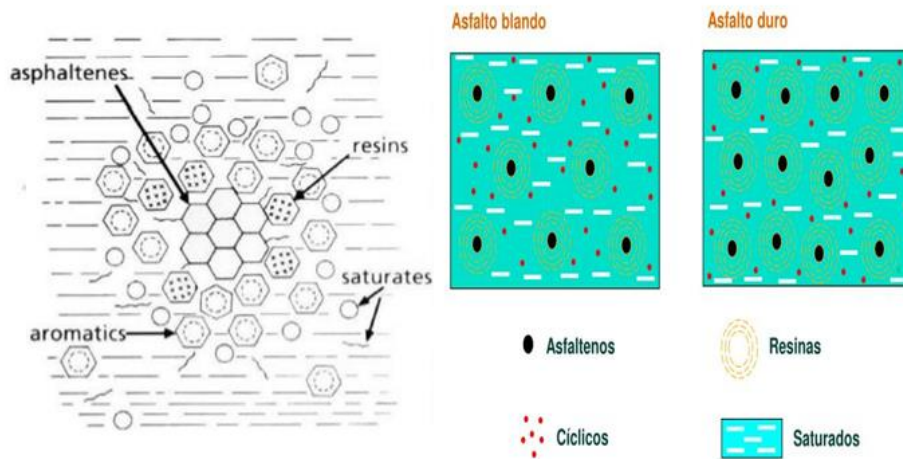
Mortero asfáltico para micropavimentos: es una mezcla con especificaciones técnicas establecidas, que será aplicada sobre la carpeta asfáltica con espesor categórico. El mortero asfáltico de micropavimento incumbirá mantener una superficie segura a la fricción y como impermeabilizante sobre las capas inferiores del pavimento, de acuerdo al diseño determinado para el desempeño de su vida útil de la carpeta asfáltica; la mezcla debe de tener rotura adecuada (lenta, rápida o controlada) al tipo de tránsito existente, para lo cual debe de primar el tipo de rotura optada por el proyectista, el micropavimento estará idóneo de admitir la recirculación de tráfico después de un breve período de tiempo.

La mezcla asfáltica debe cumplir el ciclo de vida útil de diseño, ser invulnerable a los agentes externos, como desprendimiento de la cutícula de asfalto del agregado por efectos de cualquier líquido, calor, fricción de los neumáticos y, debe de ser resistente a las sollicitaciones y esfuerzos originados por las cargas dinámicas debido al tráfico de vehículos.

Lauren A. Graham, 2018, p. 81, recomienda para el tratamiento de la carpeta asfáltica, las siguientes condiciones: Hacer cumplir los cierres de invierno en zonas climáticas de congelación húmeda, monitorear el contenido de asfalto durante la colocación, que el contratista siempre tenga un técnico certificado en la obra y monitoreo permanente sobre el proceso constructivo de la mezcla con la intención de identificar partículas sobredimensionadas durante la fase de dosificación.

Emulsión asfáltica para micropavimentos: son establecidas de acuerdo a las propiedades físicas y químicas y en relación a la estabilidad, fraguado y almacenaje, se puede definir que es una dispersión coloidal de macropartículas de cemento asfáltico (líquido) en una matriz líquida estabilizada y el agua; tras la aplicación se separan el agua y las emulsiones asfálticas, a este proceso se llama rotura. La fabricación es simple, lo complejo es la formulación o el diseño y su adaptación a los materiales pétreos; la composición básica de una emulsión asfáltica para el revestimiento es el cemento asfáltico y el agua y esta a su vez está compuesto por agente emulsificante.

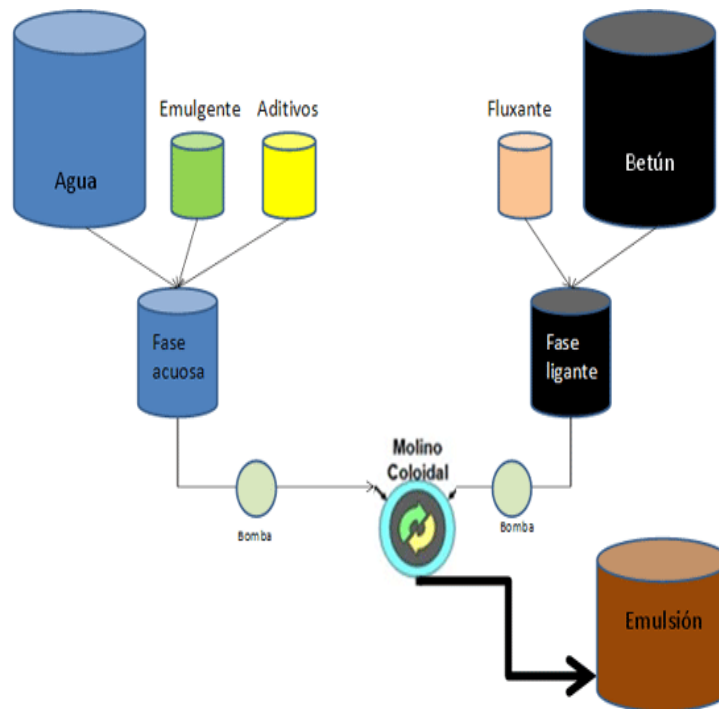
Gráfico N° 03: Estructura coloidal de la emulsión asfáltica



Fuente: <https://www.ecopetrol.comco/wps/portal/es>

De acuerdo a las investigaciones los ligantes asfálticos para pavimentos asfálticos, es el elemento básico para la emulsión asfáltica son los cementos asfálticos y representa entre el 50 a 70 %; por eso al diseñar se debe de considerar muchas pruebas debido que el ligante es un sistema coloidal complejo de hidrocarburos.

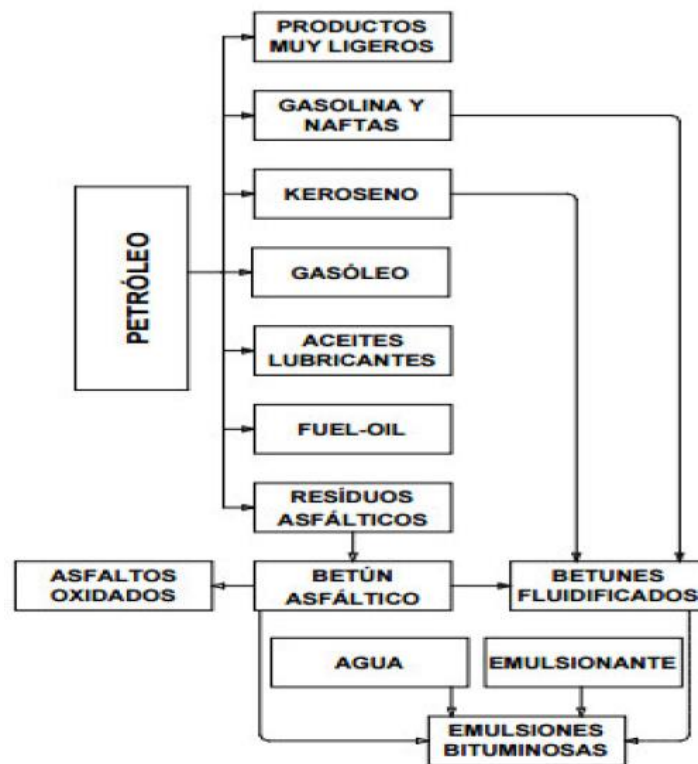
Gráfico N° 04: Proceso de fabricación de la emulsión asfáltica



Fuente: <https://www.ateb.es/>

Asfalto: es una mezcla de hidrocarburos que está constituido por los asfaltenos que aporta la dureza y los maltenos que aporta la ductilidad y adhesividad. Es derivado del petróleo, su constitución principal son los hidrocarburos más pesados de color negro con características cementantes; al asfalto también se le conoce como ligante asfáltico, puede ser natural u obtenido mediante refinación, es de mezcla compleja y peso molecular elevado y soluble.

Obtención primaria del asfalto - Refinería



Fuente: Bejarano López y Caicedo García, 2017, p. 16.

La particularidad de los asfaltos es la adherencia con los agregados pétreos e impermeable al agua, pero cuando se incrementa su temperatura ambiente, tiende a envejecerse. Los asfaltos para pavimentos se clasifican en cementos asfálticos, asfalto diluido (cortado) y asfalto emulsificador.

Asfaltos para pavimentación: la obtención de los asfaltos para la pavimentación, se consigue a través de residuos destilados de petróleo crudo o por precipitación; los asfaltos adquiridos por destilación, precipitación o extracción con solventes tienen características similares.

Los asfaltos para la impermeabilización u oxidados necesitan ser sometidos a temperaturas altas de ≤ 300 °C y adición de aire con la intención de lograr burbujeo homogéneo; mientras los asfaltos diluidos son obtenidos mediante el proceso de dilución en línea a temperaturas elevadas y con solvente adecuado a fin de lograr fluidez, a este proceso se suele llamar asfalto en frío; los asfaltos diluidos se pueden clasificar de acuerdo al tipo de solvente utilizado para su elaboración, como: Fraguado Rápido (RC – Rapid Curing) el solvente es la nafta; Fraguado Medio (MC – Medium Curing) el solvente es el kerosene y Fraguado Lento (SS - Slow Curing) el solvente puede ser el diésel o aceite; para elaboración de lo descrito, las emulsiones necesitan asfaltos con rango de penetración entre 100 a 200.

Emulsiones: son conjunto de compuestos líquidos inmiscibles, que tienen una dispersión fina afianzada a un líquido y articulados mediante emulgentes.

Emulsificante: es un agente tensoactivo que modifica la tensión superficial del asfalto y el agua; se puede decir que es un aditivo que facilita el proceso de dispersión del agua, dando estabilidad a los glóbulos del asfalto y regulación de rompimiento; están compuestos por orgánicos de peso molecular congruentemente elevado

Las emulsiones tienen como composición básica al asfalto, agua y el agente emulsificante; su finalidad es dispersar el agua del cemento asfáltico y sus características deben de certificar la trabajabilidad, rompimiento y manipulación.

Clasificación de las emulsiones asfálticas:

- ✓ Emulsión directa, cuando su fase dispersa es hidrocarbonada y la fase dispersante es el agua.
- ✓ Emulsión inversa, cuando su fase dispersa es acuosa y la fase dispersante es asfalto de petróleo.

Estructura química (polaridad) de la emulsión asfáltica: de acuerdo a su estructura química, se puede distinguir en forma simple con un papel tornasol y se clasifica de acuerdo a las leyes básicas de electricidad, en:

- ✓ Emulsiones Aniónicas (A): El proceso de electrolisis va al ánodo (-) y son básicas, sus partículas están cargadas negativamente.

- ✓ Emulsiones Catiónicas (C): El proceso de electrolisis va al cátodo (+) y son ácidas; sus partículas están cargadas positivamente y tienen afinidad a grupos que están cargadas negativamente.

Por su velocidad de rompimiento, cuando entran en contacto con el mineral, pueden ser:

- ✓ Emulsión asfáltica de rompimiento rápido (RR) o Rapid Stting (RS), son mezclas de morteros asfálticos para micropavimentos, tratamientos de superficies, riegos y sellados; tienden a interactuar rápidamente con los agregados y es de alta viscosidad para evitar escurrimiento.
- ✓ Emulsión asfáltica de rompimiento medio (RM) o Medium Stting (RS), de mezcla abierta, puede trabajar en frío o caliente, es para tratamientos superficiales, mayormente se producen en plantas que están distantes a la obra, han sido usados con emulsiones de grados abiertos, logran ser reciclados, su característica de flotabilidad aumenta el espesor de la película y son menos susceptibles a cambios bruscos de temperatura y son muy resistentes a climas tropicales.
- ✓ Emulsión asfáltica de rompimiento lento (RL) o Slow Stting (SS): son usados en riego y tratamientos superficiales, diseñados para una larga manipulación y aseguran buen recubrimiento con grados densos; aparte de los pavimentos puede ser usado en las industrias, su viscosidad con la adición del agua es muy bajo, pero si se requiere acelerar su rotura se puede agregar aglomerante como el cemento portland, cal hidratada o yeso. El otro uso aparte del pavimento se puede hacer para el tratamiento de los suelos ya que la coalescencia de sus partículas de rotura dependerá básicamente de la evaporación de agua.
- ✓ Emulsiones asfálticas modificadas con polímeros o Polymer Modifield Grades (PM): a esta emulsión se le adiciona polímeros, es de grado superior a las convencionales, ya que su base asfáltica tiene mayor adhesividad y elástica; su aplicación puede ser superficial y da menos pérdida de los áridos, debido a su excelente adaptabilidad a climas fríos, también previene el agrietamiento acelerado del pavimento.
- ✓ Emulsiones asfálticas de alta flotación o High Float (HF): Su característica principal es formar una espesa película y de esta manera amortiguar el escurrimiento de la mezcla; la película espesa trabaja como gel en el asfalto residual, en climas fríos tiene mejor

rigidez y en climas cálidos alta rigidez, es más económico y da mayor rendimiento. Su nomenclatura se utiliza el prefijo “C” y cuando no aparece se asume que es aniónica o no aniónica.

Índice de rotura de emulsiones asfálticas: es el proceso de rompimiento (separación del agua, mediante evaporación y reacción química) con la emulsión asfáltica; en este proceso de deposición del asfalto con los agregados pétreos forma una capa asfáltica del pavimento, a la rotura también se le conoce como el quiebre, a medida que la rotura va llegando al término, inicia el proceso de curado de la emulsión y cuando termina en el tiempo pretendido, la carpeta asfáltica estará capaz de ser usado. La rotura de las emulsiones asfálticas toma una forma particular al tipo de diseño que fue elaborado, por ende, se debe de tener en claro dónde va a ser aplicado y para lo cual es importante tener consideraciones climatológicas, ambientales, tipo de transporte y uso.

La emulsión asfáltica debe ser estable, partículas apropiadas y con agente emulsificante adecuado, mayormente se usa las emulsiones catiónicas. Este tipo de emulsiones pueden ser aplicados en frío ya que con esto se simplifica el proceso de asfaltado en carreteras y esto a su vez es fulgurado en menor coste económico ya que no se requiere energía si no directamente maquinarias e incluso es producido en obra.

Las emulsiones asfálticas en caliente tienen desventajas, debido a condiciones climáticas adversas, como humedad y lluvia ya que precisamente vienen del agua como emulsificante y esto alteraría el proceso de fraguado.

A las emulsiones asfálticas se puede controlar el tiempo de rotura con un adecuado emulsificante y esto favorecerá significativamente en condiciones medioambientales adversas, como tiempo, altura y climas extremas.

Diseño y fabricación de los micropavimentos se consiguen hacer por varios métodos, pero para la presente tesis, se desarrollará con emulsión asfáltica modificada con polímeros de rotura controlada que fue diseñada de acuerdo al agregado pétreo, para ello se ha realizado un amplio estudio a las características granulométricas y resistencia a la abrasión del agregado (arena chancada en forma cúbica), según las normalizaciones y especificaciones establecidas por la International Slurry Surfacing Association – ISSA A 143 y el MTC EG – 2013, sección 425.

Con el propósito de mejorar la mezcla asfáltica tradicional, se puede considerar procesos de mejoramiento como: Procesos Químicos, Físicos y Físico – Químico.

- ✓ Proceso Químico, es un proceso mediante operaciones químicas donde se realiza modificación de sustancia y cambio de estado que implica reacciones químicas; a este proceso se puede considerar polimeración y formación de moléculas muy grandes, y de esta manera constituyendo una disposición más severa, todo esto dependiendo del tipo de asfalto y temperatura; la oxidación es la reacción entre el asfalto y el oxígeno llamado también polimeración, este proceso es irreversible, pero sin embargo se puede atenuar.
- ✓ Proceso Físico, es un proceso cuando intervienen factores físicos, es decir no hay reacción química y, por ende, el resultado no ha cambiado su composición; en este proceso empieza la reciedumbre térmica que puede ser reversible, proceso de endurecimiento según la variedad del agregado y esto no es reversible a la fatiga.
- ✓ Proceso Físico – Químico, es un proceso encaminado a la transformación de su composición inicial con resultados diferentes. Es el proceso de volatilización, también conocido como evaporación de los componentes livianos; para lograr esto dependerá la temperatura y puede ser reversible, pero sin regresar a su estructura inicial del asfalto.

Diseño de micropavimentos con microaglomerados y emulsión asfáltica modificada con polímeros: es ineludible poseer juicios para determinar las diferentes condiciones de la vía, como: tipo de transporte, condiciones medioambientales y climatológicas, previsión de crecimiento de parque automotor; logística de materiales asfálticos, agregados pétreos, aditivos, agua, agente emulsificante, polímeros; laboratorios especializados y vehículos plantas de producción y lo más importante las certificaciones presupuestales.

Su aplicación se realiza sobre el capuz de rodadura del pavimento flexible, de espesor delgada promedio de 10 mm; con esto se pretende optimizar las características de fricción, recobro de ahuellamiento, impermeabilización, alisamientos por exudación, oxidación y desintegración de la carpeta asfáltica.

Emulsión asfáltica modificada con polímeros: con el propósito de mejorar la complejidad de los ligantes asfálticos tradicionales para pavimentos, se debe de realizar investigaciones cuantitativas y con los resultados obtenidos, se procura perfeccionar elocuentemente la

proyección estimada de la carpeta asfáltica. Los asfaltos tradicionales no brindan firmeza apropiada a la deformación por ahuellamiento y fricciones generados por los neumáticos, pero en especial cuando son sometidos a cargas superiores a su diseño, conocido como solicitaciones excesivas y agentes medioambientales extremas; por esta razón existen alternativas de solución mediante la modificación de los ligantes o asfaltos con polímeros.

La aplicación de los polímeros tiene origen en Europa, particularmente en Alemania, en la década de los años 70. El empleo de asfaltos modificados y la incorporación de polímeros permitieron al ligante sin riesgos de exudación, y de esta manera una cohesión e impermeabilidad mejorada, que hoy en día es ampliamente utilizada en países desarrollados donde sus caminos y autopistas con elevada densidad de tránsito lo requieren.

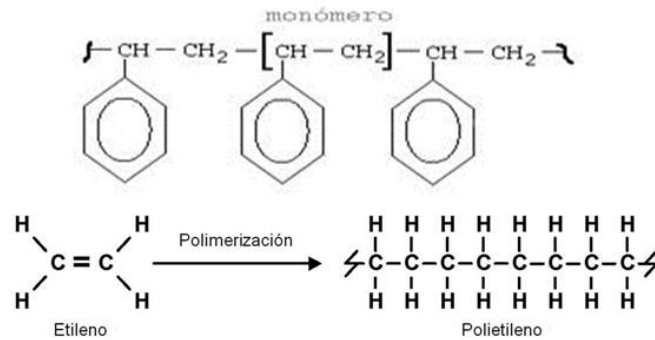
Las emulsiones asfálticas modificadas con polímeros están formadas por dos fases de macropartículas de polímero y asfalto. El diseño y fabricación del asfalto modificado con polímeros se ven reflejado en su viscosidad versus temperatura y por consiguiente la actuación de la emulsión asfáltica mejora significativamente en aminorar la degeneración temprana.

El objetivo de mejorar los ligantes asfálticos con polímeros es: perfeccionar su viscosidad (disminución de ahuellamiento), aminorar la fisuración térmica, mayor elasticidad (controlar la fatiga), incrementar la cohesión interna, perfeccionar la flexibilidad ante inclemencia de tiempo, mayor aprovechamiento de adhesividad entre el ligante y los materiales pétreos, disminuir la susceptibilidad térmica y mitigar el envejecimiento temprano del ligante.

Polímeros: de acuerdo a la percepción de la Ingeniería, los polímeros son conjunto de materiales plásticos y que sus características intrínsecas pueden ser modificadas mecánicamente ante la diferenciación de temperatura ambiente; sus propiedades mejoradas son ideales para ser aplicados en todos los campos de la ingeniería. De acuerdo a la química, es un compuesto químico orgánico, donde sus moléculas forman cadenas o conglomerados, su unidad básica es el monómero; por ende, cada polímero tiene particularidad única, debido a que las moléculas son de poco peso molecular.

Las tipologías generales de un polímero son: bajo punto de fusión (darle su forma con facilidad), baja densidad (múltiples usos), reactividad química baja (no existe riesgos) y no es conductor de electricidad (se puede usar como aislante), para lo cual se simboliza en la siguiente figura.

Gráfico N° 05: Descripción atómica de los polímeros



Fuente: Elaboración Propia.

Clasificación de los polímeros:

- ✓ Por su origen:
 - Naturales, puede ser la lana, el algodón y el caucho
 - Semisintéticos, obtenido mediante transformación del polímero natural, puede ser el caucho vulcanizado (llantas)
 - Sintéticos, obtenidos por procesos industriales, mediante la reacción de los monómeros, puede ser el tecnopor, nylon, etc.

- ✓ Por su estructura
 - Lineal, dependerá de su estructura, puede ser la bola plástica (polietileno)
 - Ramificado, sus átomos de carbono están en cadena, puede ser el PVC

- ✓ Por su comportamiento térmico:
 - Plastómeros, con deformaciones de poca elasticidad, y pueden ser:
 - EVA: Etileno-Acetato de Vinilo.
 - EMA: Etileno-acrilato de metilo
 - PE: Polietileno
 - PP: Polipropileno

- Elastómeros, son amorfos elásticos; cuando son sometidos a temperatura baja (vítreo), se vitrifican y pierde toda su elasticidad; pueden ser:
- SBS: (Estireno-Butadieno-Estireno) o caucho termoplástico, es el más esgrimido para la modificación del asfalto.
 - SBR: Son los cauchos sintéticos
 - EPDM: Son los polipropilenos es flexible y resistente a agentes externos a temperaturas mayores a medio ambiente.

Tabla N° 01: Polímeros de uso común para la modificación de asfalto

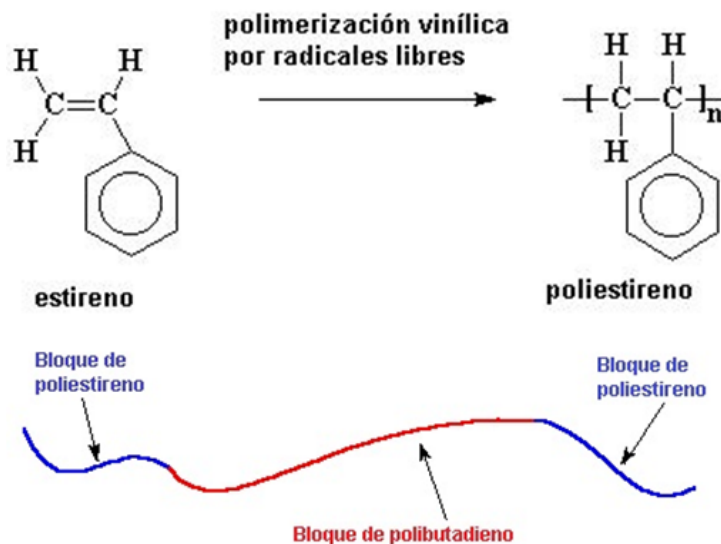
Category	Examples	Advantages	Disadvantages
Plastomers	Polyethylene (PE); Polypropylene (PP)	Good high-temperature properties; Relatively low cost.	Limited improvement in elasticity; Phase separation problems.
	Ethylene-vinyl acetate (EVA); Ethylene-butyl acrylate (EBA)	Relatively good storage stability; High resistance to rutting.	Limited improvement in elastic recovery; Limited enhancement in low-temperature properties.
Elastomers	Styrene-butadiene-styrene (SBS); Styrene butadiene rubber (SBR); Styrene-isoprene-styrene (SIS)	Increased stiffness; Reduced temperature sensitivity; Improved elastic response.	Compatibility problems in some binders; Poor resistance to heat, oxidation and ultraviolet; Relatively high cost.
	Styrene-ethylene/butylene-styrene (SEBS)	Good resistance to heat, oxidation and ultraviolet.	Storage stability problems; Relatively reduced elasticity; High cost.

Fuentes: “Mix design strategies for improving asphalt mixture performance”, Nam Tran, Gerry Huber and others, Oct. 2019, p. 13.

Polímeros SBS, por sus siglas SBS: Styrene - Butadiene - Styrene (estireno-butadieno-estireno), es un elastómero termoplástico o copolímeros en bloque de estireno y butadieno o estireno e isopreno y la obtención es a través de la polimerización. Es un caucho duro de buena resistencia mecánica y de resiliencia a temperatura ambiente, pero fluyen libremente cuando se mezcla con el ligante a temperaturas mayor a 100 ° C.

Su estructura química es una cadena constituida en bloque de tres segmentos, como: poliestireno - polibutadieno - poliestireno. El SBS, brinda un encantador coeficiente de fricción, buena resistencia a tracción, deformación mínima, adaptabilidad a bajas temperaturas, recupera su estado inicial y da buena trabajabilidad.

Gráfico N° 06: Composición química de polímeros SBS



Fuente: Elaboración Propia.

El uso de los polímeros elastómeros es muy amplio, podemos mencionar los más comunes como caucho, silicona, aisladores de cables eléctricos, modificadores de asfalto y láminas de asfalto. Sus propiedades principales pueden ser dureza y suavidad, elasticidad, resistente a temperatura y a los agentes medio ambientales extremos.

Pruebas mínimas requeridas a una emulsión asfáltica, antes de ser utilizado las emulsiones asfálticas, deben de ser sometidos a un estricto control de calidad en laboratorios especializados, para determinar las propiedades básicas que debe de cumplir y luego ser modificado con polímeros, mediante siguientes pruebas o ensayos:

- ❖ Determinación del pH, es una comprobación que permite comprobar la acidez o alcalinidad por medio de proceso electroquímico; esta prueba se realiza con un potenciómetro (diferencia de potencial o voltaje) a la solución con diferente concentración de protones y estos resultados no son tan exactos.
- ❖ Destilación, con esta comprobación se establece la proporción de agua y el residuo del asfalto en la emulsión, y al mismo tiempo los residuos del asfalto logran ser aprovechado para medir la penetración, ductilidad y solubilidad; esta prueba se realiza sometiendo calor a la emulsión en una probeta donde se obtiene la evaporación del residuo.
- ❖ Asentamiento, con esta prueba se obtiene el índice de tendencia de asentamiento de sedimentos de la emulsión; por lo tanto, se debe de determinar periodo de tiempo y el valor permisible para el asentamiento es de 5% y con el propósito de obtener mejores resultados se debe de someter carga eléctrica mediante electrodos.
- ❖ Carga Eléctrica, con esta prueba se determina si la emulsión asfáltica tiene polaridad aniónica o catiónica, sometiendo una carga eléctrica a los glóbulos del ligante en un determinado tiempo.
- ❖ Diámetro de gota de emulsión, es la cuantificación del espesor de gota de una emulsión donde determina influencia de viscosidad y estabilidad; esta prueba se puede hacer con el microscopio, reflectancia, turbidez, contador tipo coulter y difracción de la luz coherente láser.
- ❖ Viscosidad Saybolt Furol, es una prueba que cuantifica el estado de fluidez a temperatura determinada, para lo cual se usa el viscosímetro tipo Saybolt en un determinado tiempo, con la intención de determinante rotura de la emulsión.
- ❖ Adhesividad, Es una prueba que determina el recubrimiento del material (agregado pétreo) sometido a la emulsión; la adhesividad evidencia la película formada sobre el agregado y esta a su vez el revestimiento debe de permanecer ante los agentes externos como el lavado por el agua; esta prueba ayuda a evaluar la capacidad química de recubrimiento de agregado.

- ❖ Índice de rotura, esta prueba determina la velocidad de rotura de la emulsión, es decir la separación del agua con las emulsiones en condiciones normales de temperatura ambiente, al realizar esta prueba es importante mantener agitado en todo momento la emulsión de la probeta con el propósito de tener homogeneidad.
- ❖ Penetración, es una prueba fundamental que se realiza posterior a la rotura de la emulsión, es decir se somete a la acción de penetración al asfalto residual, para lo cual existen variedades ensayos como demulsibilidad, miscibilidad con cemento y agua y ductilidad.

Materiales para emulsiones asfálticas, tenemos los siguientes:

- ❖ El agua; es el segundo elemento de la emulsión asfáltica, que corresponde promedio de 98% y el principal aporte es la disolución, adherencia y humedecimiento con otras sustancias y facilitación de reacciones químicas. Por lo que debe de ser agua potable, blanda sin orgánicos, es decir casi apta para consumo humano (sin impurezas), no debe de contener iones de otros productos químicos para que no afecte el diseño de la emulsión asfáltica; el pH según norma ASTM D-1293 debe de constar entre (5.5 a 8.0) de contenido de sulfato, es conocido como SO_4 , para lo cual en el laboratorio debe de cumplir ASTM D-516 y no debe de ser mayor a 1 g/l (un gramo por litro)

Cualquier fuente de agua sin alta rigidez y materiales nocivos como las sales y los sulfatos puede ser utilizado para los micropavimentos; la falta de suficiente agua conduce a la formación de una capa débil de los agregados o pronto endurecimiento de la mezcla, en consecuencia se tendrá problemas de curado y trabajabilidad y el exceso de agua conduce a separación de los agregados o alarga el tiempo de curado; por tanto se necesita un valor óptimo para cumplir las pruebas y la producción de los mismos (*Mahadi Zalnezhad y Ebrahim Hesami, 2018, p. 5*).

- ❖ Agente emulsificante, la representación en cuanto al volumen es muy pequeña, sin embargo, cumple una función muy importante en influir en el resultado de la emulsión asfáltica. El agente emulsificante comercialmente es conocido como “Surfactante”, este agente químico determinará la polaridad de la emulsión, sea aniónica, catiónica o no aniónica.

El emulsificante tiene bajo control la rotura prematura, manteniendo en suspensión las partículas del ligante. En el mercado existe infinidad de emulsificantes y la elección se realiza de acuerdo al diseño de la emulsión asfáltica.

Cemento Asfáltico, según el Manual de carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, EG - 2013 TC, se clasifican por su penetración, viscosidad y temperatura.

Tabla N° 02: Temperatura media anual del cemento asfáltico

Temperatura Media Anual			
24°C o mas	24°C – 15°C	15°C – 5°C	Menos de 5°C
40-50 ó		85-100	
60-70 ó	60-70	120-150	Asfalto Modificado
modificado			

Fuente: MTC / EG – 2013, p. 471.

Agregados pétreos, es uno de los materiales más responsables en garantizar el comportamiento del micropavimento; por lo que el árido o agregado o material pétreo, debe de ser uniforme, con una dureza pura, resistente a la abrasión, pero en especial muy limpia y de adecuada simetría (forma cúbica). La obtención de los agregados pétreos (arena chancada) se debe hacer mediante procedimientos estandarizados, para lo cual se realiza trabajos previos como identificación de la roca, minado, clasificación, limpieza, trituración, transporte, pruebas de abrasión (resistencia) y adecuado almacenamiento según la granulometría y uso que se le va a dar.

La cantera que suministrará el material pétreo, debe de cumplir las condiciones mínimas que exige el diseño, con el propósito de que el mortero tenga distribución tipo mosaico, solo de esta manera se garantizará la rugosidad (seguridad) ante la fricción de las cargas horizontales del neumático, drenabilidad, durabilidad, mitigación de los decibeles de fricción entre el mosaico asfáltico y los neumáticos, para lo cual la granulometría debe de ser en mm (milímetros) y tamizados (cernidos) cumpliendo las tolerancias mínimas y máximas.

Los áridos deben de ser resistente ante el desgaste Micro Deval (resistencia a la abrasión y durabilidad) del neumático, a los agentes medioambientales; por eso este material

representa entre el 80 a 90% del total de la mezcla asfáltica bituminosa. La procedencia debe de ser de grava natural o piedra de cantera, molida (triturada) de acuerdo a la granulometría requerida (forma cúbica) y para avalar óptima calidad de dureza debe de cumplir como mínimo con la primera prueba de desgaste de los Ángeles (desgaste – dureza).

El rendimiento estructural y funcional de un pavimento se ve afectada por las propiedades de los agregados; por lo tanto, la caracterización de las propiedades es crucial, de manera que los agregados para construcción de calzadas, deben de cumplir las especificaciones propias para la selección, sino también para la estimación de actuación a largo plazo y en particular por razones económicas y seguridad, debe de ser obligatoria prueba de Micro Deval (MD.) con el propósito de clasificar y determinar la resistencia al desgaste (*Gökalp Islam, Uz Volkan y Saltan Mehemet, 2016, p. 1*).

El lavado de los áridos es un factor que garantiza la calidad del microaglomerado, ya que para ello no debe de existir presencia de ningún tipo de polvo distinto al del mismo material generado en el proceso de trituración, materia orgánica o arcillas (finos) debido que estos contienen activos finos que puede alterar de manera significativa la rotura inmediata de la emulsión asfáltica, disminución de cohesión e incluso la adhesividad.

Tabla N° 03: Agregados pétreos para tratamientos superficiales

ENSAYOS	ESPECIFICACIONES
Partículas del Agregado con una Cara Fracturada (MTC E 210)	85% Mín.
Partículas del Agregado con Dos Caras Fracturadas (MTC E 210)	60% Mín.
Partículas Chatas y Alargadas (MTC E-221)	15% Máx.
Abrasión (MTC E 207)	40% Máx.
Pérdida de Sulfato de Sodio (MTC E 209)	12% Máx.
Pérdida de Sulfato de Magnesio (MTC E 209)	18% Máx.
Adherencia (MTC E 519)	95
Terrones de Arcilla y Partículas Friables (MTC E212)	3% Máx.
Sales Solubles Totales (MTC E 219)	0.5% Máx.

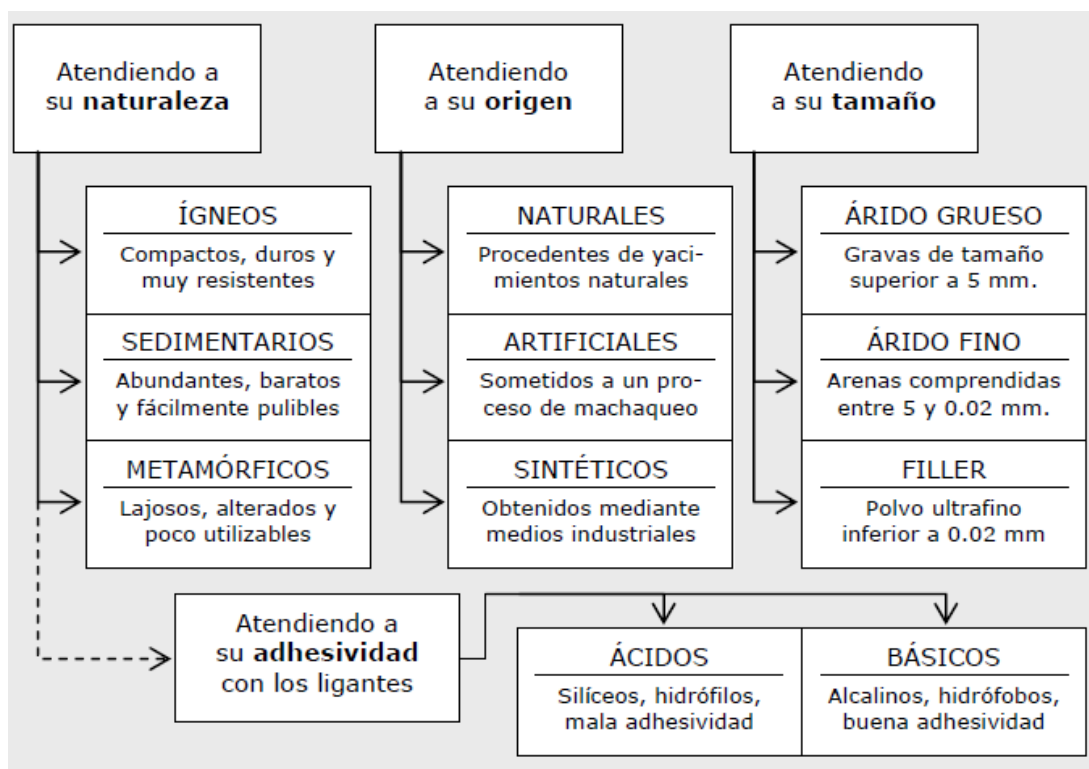
Fuente: Manual de Carreteras EG -2013, p. 507.

Tabla N° 04: Rango de gradación de los agregados para tratamientos superficiales

N° de Huso	Tamaño normal del agregado	Tipo de material (Porcentaje que pasa)								
		1 1/2" (37.5mm)	1 (25.0mm)	3/4" (19.0mm)	1/2" (37.5mm)	3/8" (9.5mm)	N° 4 (4.75mm)	N° 8 (2,36mm)	N° 16 (1.18mm)	N° 50 (300 um)
5	25.0mm a 12.5mm (1" a 1/2")	100	90 - 100	20 - 55	0 - 10	0 - 5				
6	19.00mm a 9.5mm (3/4" a 3/8")		100	90 - 100	20 - 55	0 - 15	0 - 5			
7	12.5mm a 4.7mm (1/2" a n° 4)			100	90 - 100	40 - 70	0 - 15	0 - 5		
8	9.5mm a 2.36mm (n° 3/8" a n° 8)				100	85 - 100	oct-30	0 - 10	0 - 5	
9	4.75mm a 1.18mm (n° 4 a n° 16)					100	85 - 30	oct-40	0 - 10	0 - 5

Fuente: *Manual de Carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013), p. 509.*

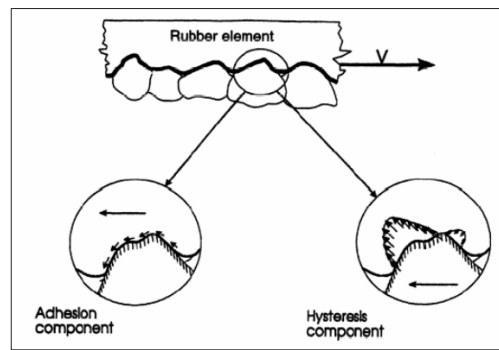
Clasificación de los materiales pétreos



Fuente Bañon Velázquez, 2000, Tomo 2, cap. 20, p. 20.2.

Según Tara Christine, (2007, p. 10), la microtextura es una propiedad relacionada con los agregados que se puede controlar mediante la selección de agregados con características deseables y resistentes al pulido.

Gráfico N° 07: Mecanismos de adhesión y componentes histéricos de fricción



Fuente: Tara Christine, 2017, p. 11.

Tabla N° 05: Materiales pétreos empleados en carreteras

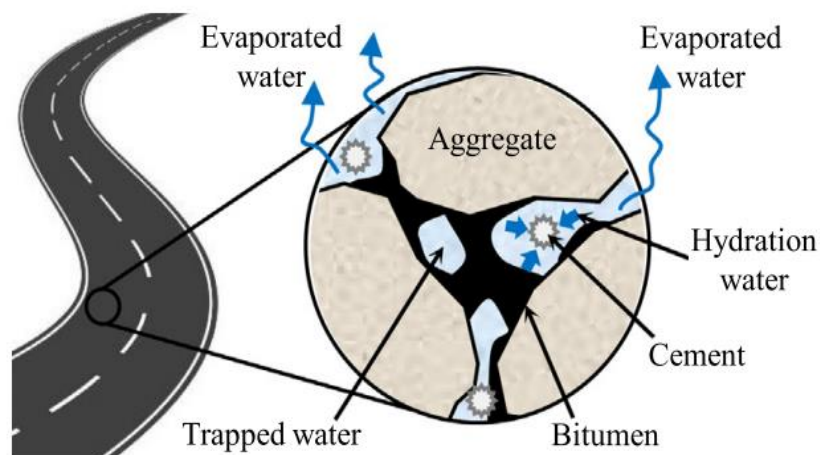
CLASE/Grupo		Propiedades	Ejemplos	
ÍGNEAS	Básicas	BASALTOS	<ul style="list-style-type: none"> - Rocas máficas (oscuras) - Alta resistencia mecánica - Bajo desgaste al pulido - Buena adhesividad 	Basalto, andesita, diabasa, ofita, lampróvido y traquita
		GABROS	<ul style="list-style-type: none"> - Buen comportamiento mecánico en carreteras - Durables y resistentes - Relativa escasez, zonificadas 	Gabro, diorita, gneis básico, peridotita y sienita
	Ácidas	GRANITOS	<ul style="list-style-type: none"> - Abundantes en la Península - Pueden presentarse alteradas - Rocas abrasivas, poco pulibles - Escasa adhesividad a los ligantes - Presentan cierta fragilidad 	Granito, cuarzodiorita, gneis, aplita granodiorita y pegmatita
		PÓRFIDOS	<ul style="list-style-type: none"> - Textura adecuada para firmes - Bajo desgaste al pulimento - Problemas de adhesividad 	Pórfidos, dacita y riolita
SEDIMENTARIAS	Básicas	CALIZAS	<ul style="list-style-type: none"> - Muy abundantes en España - Muy susceptibles al pulido - Buena adhesividad - Fácil extracción y tratamiento 	Caliza, dolomía y mármoles
	Ácidas	ARENISCAS	<ul style="list-style-type: none"> - Muy resistentes al pulimento - Presentan un elevado desgaste - Buena adherencia a ligantes - Muy escasas en la Península 	Arenisca, arcosa, molasa, grauvaca, tobas y conglomerados
		PEDERNAL	<ul style="list-style-type: none"> - Muy duras y quebradizas - Buena resistencia al desgaste - Dan áridos lajosos y cortantes - Muy susceptibles al pulimento 	Pederal, sílex, cornubianita y ftanita
		CUARCITAS	<ul style="list-style-type: none"> - Muy duras y resistentes - Difícil extracción y machaqueo - Pueden presentar alteraciones - Escasísima adhesividad 	Cuarcita, cuarzoarenita y cuarzo
METAM	ESQUISTOS	<ul style="list-style-type: none"> - Formas lajosos y alteradas - Elevado peso específico - Válidos si no contienen mica 	Esquistos, filitas y pizarras	
INDUST	MATERIALES ARTIFICIALES	<ul style="list-style-type: none"> - Tratados industrialmente - Características específicas que complementan al árido natural - Potencian ciertas propiedades 	Escorias de alto horno, firmes reciclados y cenizas volantes	

Fuente Bañon Velázquez, 2000, Tomo 2, cap. 20, p. 20.3.

Emulsiones asfálticas modificadas para micropavimentos en frío, de acuerdo al Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú EG - 2013, se clasifican en: emulsiones catiónicas, emulsiones catiónicas con polímeros, para material bituminoso disuelto de curado intermedio y para material bituminoso diluido de curado rápido.

El proceso de curado de la mezcla del asfalto, consiste en la evaporación del agua y los volátiles y el comienzo de rotura de la emulsión; cuando las partículas del betún empiezan a unirse entre sí formando una película continua, recubriendo los agregados. La evaporación del agua puede ser prolongada particularmente en climas más fríos, lo que reduce el rendimiento mecánico de la mezcla asfáltica, especialmente durante las etapas iniciales de curado, en consecuencia, el uso se ha restringido generalmente a la construcción de capas de pavimentos no estructurales de exiguuo tráfico, por lo tanto, el curado es una etapa de importancia fundamental en el desempeño del mortero (*Saadon Tahseen, Gómez Breixo, García Álvaro, 2018, p. 751*).

Gráfico N° 08: Proceso de evaporación del agua del mortero asfáltico



Fuentes: Construction and Building Materials 186 (2018), p. 751.

Tratamientos superficiales de pavimento flexible mediante microaglomerados – TSPFM, fundamenta en la instalación de una o más capas de 3 a 26 mm de espesor sobre la carpeta asfáltica, con el propósito de atenuar el menoscabo significativo del pavimento. En atención a lo cual se debe de realizar un trabajo ordenado como recolección de materiales de primerísima calidad, adecuado diseño y buena supervisión del proceso constructivo y aplicación.

El micropavimento es conocido también como microaglomerado (microsurfacing en inglés), es una mezcla fluida de mortero asfáltico, diseñado con particularidad única para el tipo de vía, su composición está comprendido por emulsión asfáltica, material pétreo, polímeros, aditivos, modificadores, filler y agua. La fabricación del micropavimento puede ser en frío o caliente y el rompimiento puede ser rápido, controlado o lento; cuya finalidad del micropavimento es aplazar o aminorar o controlar el detrimento o envejecimiento de la carpeta asfáltica, la aplicación es práctica, ecoamigable al medio ambiente, económica y la ejecución en obra es con mayor rapidez y, por ende, la reapertura al tránsito vehicular es inmediata.

Es importante aclarar que este tratamiento no aumenta la capacidad estructural del pavimento flexible, debido a su flexibilidad y capa delgada, y para certificar un adecuado diseño de micropavimentos para carpeta asfáltica con deterioro moderado, el diseño se debe de realizar según la recomendación de la International Slurry Surfacing Association – ISSA A 143; la aplicación puede ser mono capa o capa simple (Simple Tratamiento Superficial – STS), bicapa o doble capa (Doble Tratamiento Superficial – DTS) y tricapa triple capa (Triple Tratamiento Superficial – TTS). Para el presente trabajo de investigación se ha propuesto desarrollar de granulometría Tipo II, para vías urbanas o residenciales con tasa de aplicación que va desde 5.4 a 10.8 kg/m².

Formulación del problema; para la presente investigación se ha trazado problema general y específicos.

Problema General: ¿De qué manera la aplicación de los micropavimentos mejora la conservación de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019?

Problemas Específicos:

- ✓ ¿De qué manera la aplicación de los micropavimentos mejora la conservación de desprendimiento de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019?
- ✓ ¿De qué manera la aplicación de los micropavimentos mejora la conservación de impermeabilidad de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019?

- ✓ ¿De qué manera la aplicación de los micropavimentos mejora la conservación de desgaste de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019?

Justificación de la investigación: la justificación de la actual escudriñamiento, se debe a la necesidad de conservar la carpeta asfáltica de vías con deterioro moderado que se reflejan mediante desprendimiento de agregados y presencia de fisuraciones, y gracias a nuevas tecnologías que se ha implementado en la ingeniería vial, existen alternativas como son los micropavimentos o microaglomerados, que garantiza la conservación o atenúa el deterioro acelerado mediante revestimiento con la intención de que cumpla la vida útil de diseño.

Establecer el estado de conservación de la carpeta asfáltica, a través de una investigación científica, de modo que se debe determinar estrategias, procedimientos y metodologías e incluso políticas claras para la conservación del patrimonio vial.

Por esta cognición, el estudio de las causas que ocasionan fallas de la carpeta asfáltica, es de mucha importancia, ya que es la única manera de atacar al problema y encontrar posibles soluciones; el microsurfacing debe dar aportes de mejoramiento para la conservación de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra. La presente tesis, servirá como base para la toma de providencias por las autoridades de la municipalidad distrital de Puente Piedra, en ese sentido la justificación involucrará diferentes aspectos, como:

Teórica, se justifica teóricamente, debido a que se tiene que aplicar conocimientos científicos, criterios teóricos, emitir conceptos y generar reflexión sobre los conocimientos existentes y todo esto bajo un marco normativo y políticas ecoamigables; el conocimiento teórico desde el punto de vista científico cumple una función básica para la conceptualización e identificación de causa efecto, tales como: granulometría de agregados, reología de ligantes asfálticos, capacidad portante del pavimento, tipo de tránsito, índice medio diario, condiciones medioambientales y otros.

Metodológica, se justifica metodológicamente debido que se va a plantear nuevos métodos o nuevas estrategias para generar conocimientos con validez científico y confiable, para lo cual la investigación implica varias fases, como: levantamiento de información, observación detallada, toma de muestras, análisis de resultados en laboratorios y

planteamiento de nuevas soluciones con micropavimentos; con el propósito de estandarizar como una alternativa, para el amortiguamiento de la decadencia temprana de la capa de rodadura del pavimento.

Práctica, se justifica porque una vez normalizado el diseño del micropavimento para el tipo de vía, la aplicación es rápida, práctica y ecoamigable con el medio ambiente.

Económica, se justifica debido que con la aplicación de los micropavimentos se menguara significativamente el envejecimiento de la carpeta asfáltica, es viable porque resulta económicamente más barato frente a la aplicación de asfalto convencional en caliente.

Social, se justifica, debido que, con la aplicación de los micropavimentos para la conservación de la carpeta asfáltica, se optimizará la transitabilidad vehicular y peatonal de los usuarios, quienes se beneficiarán significativamente con menos mantenimiento de vehículos, facilidad de circulación, mayor vida útil y mejor confort de serviciabilidad.

Objetivos de la investigación; se ha determinado objetivo general y específicos.

Objetivo General: Determinar cómo la aplicación de los micropavimentos mejora la conservación de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019.

Objetivos específicos:

- ✓ Determinar cómo la aplicación de los micropavimentos mejora la conservación de desprendimiento de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019.
- ✓ Determinar cómo la aplicación de los micropavimentos mejora la conservación de impermeabilidad de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019.
- ✓ Determinar cómo la aplicación de los micropavimentos mejora la conservación de desgaste de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019.

Hipótesis de la investigación; se ha determinado hipótesis general y específicas.

Hipótesis General: La aplicación de los micropavimentos mejora la conservación de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019.

Hipótesis específicas:

- ✓ La aplicación de los micropavimentos mejora la conservación de desprendimiento de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019.
- ✓ La aplicación de los micropavimentos mejora la conservación de impermeabilidad de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019.
- ✓ La aplicación de los micropavimentos mejora la conservación de desgaste de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019.

II. MÉTODO

El método científico es un procedimiento para descubrir las condiciones en que se presenta sucesos específicos, caracterizado generalmente por ser tentativo, verificable, de razonamiento riguroso y observación empírica. Asimismo, es un conjunto de procedimientos por los cuales se plantean los problemas científicos y se ponen a prueba las hipótesis y los instrumentos de trabajo investigativo. (*Tamayo Mario, 2003, p. 28*).

De lo descrito en el párrafo anterior, el método es científico.

2.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación aplicada “se caracteriza por su interés en la aplicación de los conocimientos teóricos a determinada situación concreta y las consecuencias prácticas que de ella se deriven [...] le preocupa la aplicación inmediata sobre una realidad”. Asimismo, afirma que la investigación aplicada “tiene propósitos prácticos inmediatos bien definidos, es decir, se investiga para actuar, transformar, modificar o producir cambios en un determinado sector de la realidad” (*Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, p. 40-44*).

Por lo descrito, es investigación tipo aplicada experimental.

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Es aplicada con enfoque cuantitativo, porque se debe de auscultar muchas fuentes científicas, normativas y especificaciones técnicas; también es práctica y dinámica ya que esgrimirá como material de enmienda para los investigadores, estudiantes y la comunidad que se dedica a la ingeniería vial.

2.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES:

- ✓ **Variable independiente:** Micropavimentos.
- ✓ **Variable dependiente:** Carpeta asfáltica.

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Aplicación de micropavimentos para la conservación de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019

VARIABLE		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
VI	MICROPAVIMENTOS	Se llama micropavimento a aquella mezcla asfáltica que posee un tamaño máximo nominal de la mezcla de agregados superior a 10 mm, que se ejecuta en espesores reducidos que se utilizan como tratamiento de mejorado de superficie en carpetas en mal estado, pero que poseen sus cualidades estructurales intactas, ya que el microaglomerado no realiza un aporte al paquete estructural. (<i>Salinas Reto 2019, p. 48</i>).	Es una mezcla de emulsión asfáltica con agregados pétreos triturados de forma cúbica, polímeros, agua y filler mineral; determinando el proceso de diseño y su posterior fabricación son aplicados sobre la superficie de la carpeta asfáltica y para trabajar como revestimiento a fin de controlar desprendimientos y fisuras de la capa de rodadura. Este mortero debe de cumplir con las exigencias mínimas de ensayos mecánicos de especímenes de acuerdo a la norma ISSA TB 143, como cohesión, compatibilidad de materiales, abrasión, rueda cargada, consistencia y desplazamiento.	Compatibilidad de agregado con emulsión asfáltica / Schulze Breuer and Ruck	Humedad Desgaste Temperatura	Fichas de observación Ensayo de compatibilidad del agregado con el ligante
				Abrasión en húmedo / W.T.A.T.	Desgaste o desprendimiento Contenido mínimo de asfalto	Fichas de observación Ensayo de contenido mínimo de ligante
				Rueda cargada / L.W.T.	Susceptibilidad a la exudación Deformación de la mezcla Contenido óptimo de asfalto	Fichas de observación Ensayo de contenido máximo de ligante

Aplicación de micropavimentos para la conservación de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019

VARIABLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
VD	CARPETA ASFÁLTICA	La carpeta asfáltica es la parte superior del pavimento flexible que proporciona la superficie de rodamiento, es elaborada con material pétreo seleccionado y un producto asfáltico dependiendo del tipo de camino que se va a construir (<i>Terán Molina, 2015, p. 6</i>)	Es una capa estructural, que se encuentra en la parte superior del pavimento, está compuesto por los ligantes asfálticos, materiales pétreos y otros; con el propósito de mejorar sus características del mortero se debe de incorporar polímeros a fin de garantizar el PSI, PSR, PCI e IRI.	Serviciabilidad	Rango de Serviciabilidad Presente – PSR	Fichas de observación
					Índice de Serviciabilidad Presente - PSI	Determinación de funcionalidad
				Índice de Condición del Pavimento - PCI	Irregularidad	Fichas de observación
					Clase Severidad	Determinación de falla
				Índice Internacional de Rugosidad - IRI	Adherencia	Fichas de observación
					Fricción	Condición de rugosidad

2.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

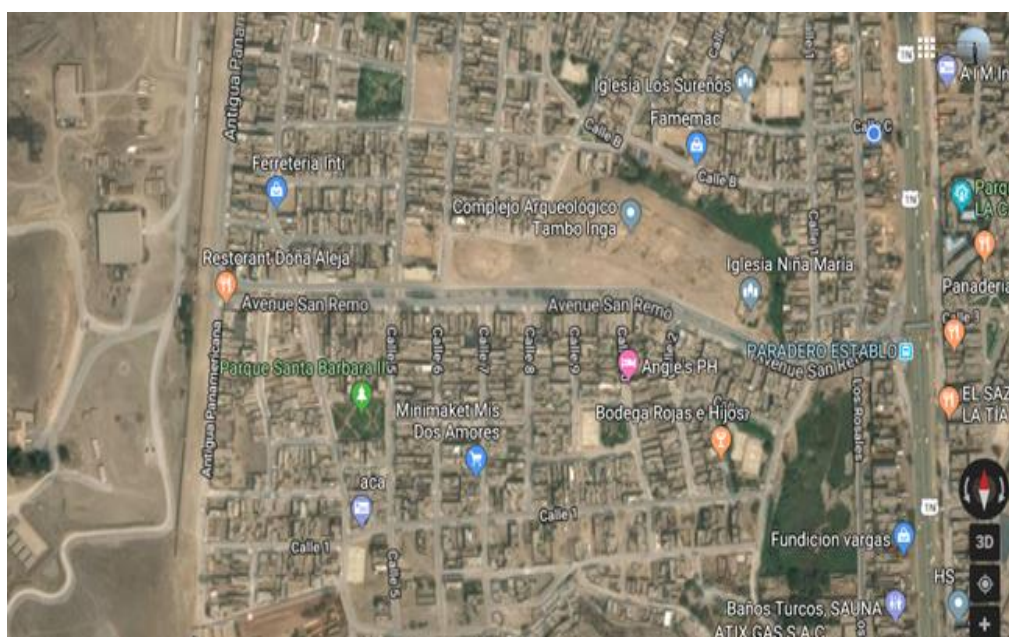
POBLACIÓN

Trata de elementos o individuos en los cuales se han considerado ciertos criterios de inclusión para, posteriormente, obtener una respuesta (Valderrama Santiago, 2016, p. 188).

La población está compuesta por las doce cuadras de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, comprende las siguientes características:

- ✓ Longitud: 1450 m
- ✓ Ancho total de la avenida: 22 metros
- ✓ Doble vía, con berma central de 2 m
- ✓ Ancho de calzada 7.00 m por sentido
- ✓ Bombeo: 0%
- ✓ Base estabilizada: 5 cm
- ✓ Espesor de afirmado: 11 cm
- ✓ Capa de protección: monocapa de 2”
- ✓ Un área total de calzada (carpeta asfáltica) de 20,300.00 m².

Gráfico N° 09: Ubicación de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra



Fuente: <https://www.google.com/maps/>

MUESTRA

La muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población (*Hernández Roberto, 2014, p. 17*).

De acuerdo a la indagación que se ha desarrollado, la población se tomará, según el siguiente detalle: Las primeras cuadras de la avenida San Remo, es decir las intersecciones con la panamericana norte, calle los rosales y el pasaje 03.

MUESTREO

Es el proceso de selección de una parte representativa de una población, la cual permite estimar los parámetros de la población (*Valderrama Santiago, 2016, p. 188*).

Para la investigación se ha desarrollado, muestreo no probabilístico o dirigida, debido que se va a desarrollar muestreo intencional o de conveniencia; por lo que se tomará las intersecciones de la avenida San Remo con el pasaje 03, que tiene un área de 350 m², según encomienda el método de PCI.

2.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

Para alcanzar los objetivos específicos de tesis, se provendrá mediante categorización proferida, de:

❖ TÉCNICAS

Las técnicas son los “medios por los cuales el investigador procede a recoger información, [...], en función a los objetivos del estudio” (*Sánchez Hugo & Reyes Carlos, 2006, p. 151*).

- ✓ Análisis de legajos de las normativas nacionales e internacionales, especificaciones técnicas, libros, revistas, investigaciones científicas, tesis relacionadas al objeto de investigación.
- ✓ Observación y levantamiento de información según los niveles de falla de la

carpeta asfáltica.

- ✓ Sistematización y calendarización de las etapas de investigación
- ✓ Recolección de datos en formatos estandarizados para la valoración funcional de la carpeta asfáltica, materiales, ensayos y pruebas en laboratorio.
- ✓ Diseño de mezcla de MPAF y análisis de ensayos de materia prima como agregados pétreos, agua y emulsión asfáltica catiónica de rotura media tipo 2 / (CQS-1HP) – rotura controlada con el propósito de evaluar las hipótesis de la presente investigación.

❖ INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Son herramientas específicas que se emplean en el proceso de recogida de datos. Los instrumentos se seleccionan a partir de la técnica previamente elegida” (*Sánchez Hugo & Reyes Carlos, 2006, p. 154*).

- ✓ Formatos: levantamiento de información de la carpeta asfáltica.
- ✓ Formato de registros fotográficos.
- ✓ Formatos de observación de diseño de micropavimentos y ensayos de materia prima como agregado pétreo, agua y emulsión asfáltica catiónica de rotura media tipo 2 / (CQS-1HP), recomendados de acuerdo a International Slurry Surfacing Association – ISSA A 143 / 2010 y Manual de Carreteras / Especificaciones Técnicas Generales para Construcción del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

❖ VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

Validez

La validez es una “cualidad que consiste en que las pruebas midan lo que pretenden medir. Las pruebas deben medir las características específicas de las variables para las cuales fueron diseñadas”. Sin embargo, añade, las pruebas no poseen validez universal. Una prueba válida para una situación determinada puede carecer de validez para otra (*Mejía Elías, 2005, p. 23-24*).

Con el designio de avalar la validez es importante la opinión del juicio de los expertos, para lo cual se ha estimado usar escala cuantitativa, según:

Tabla N° 06: Magnitud y rangos de validez

MAGNITUD	RANGO
Validez nula	(0.53 a menos)
Validez baja	(0.54 a 0.59)
Valida	(0.60 a 0.65)
Muy valida	(0.66 a 0.71)
Excelente validez	(0.72 a 0.99)
Validez perfecta	(1.00)

Fuente: Herrera Aura, (1998).

Confiabilidad

El “término confiabilidad proviene de la palabra fiable, y ésta a su vez de fe. La confiabilidad es el proceso de establecer cuan fiable, consistente, coherente o estable es el instrumento que se ha elaborado” (*Mejía Elías, 2005, p. 27*).

Tabla N° 07: Rango y confiabilidad

RANGO	CONFIABILIDAD (Dimensión)
0.81 – 1	Muy alta
0.61 – 0.80	Alta
0.41 – 0.60	Media *
0.21 – 0,40	Baja *
0 – 0.20	Muy baja *

Fuente: Pelella Stracuzzi y Martins Pestana, 2012, p. 169.

2.4. PROCEDIMIENTO

Con el designio de avalar una investigación científica, se realizará una exploración estructurada por etapas y en cumplimiento al Manual de Carreteras / Especificaciones Técnicas Generales para Construcción del Ministerio de Transportes y Comunicaciones EG -2013, ISSA (International Slurry Surfacing Association), ISSA A 143 "Guía recomendada de cumplimiento para micropavimentos" (Recommended Performance Guidelines for Microsurfacing) y ASTM (American Society for Testing and Materials), ASTM D 6372; por ello se ha jerarquizado las siguientes etapas:

- a.** Primero: Evaluación superficial de la carpeta asfáltica, comprende en realizar levantamiento de información e identificar la falla superficial o menoscabo de la carpeta asfáltica de acuerdo el muestreo establecido por el investigador en consecuencia se aplicará el método PCI.
- b.** Segundo: Recolección y selección de materiales de primerísima calidad como agregados y emulsión asfáltica.
- c.** Tercero: Ensayos en laboratorios especializados de los agregados y emulsión asfáltica.
- d.** Cuarto: Diseño de micropavimento asfáltico en frío MPAF y ensayos mecánicos para la determinación de mortero microsurfacing.
- e.** Quinto: Valoración y estudio de los resultados obtenidos mediante ensayos y pruebas mecánicas de los morteros.
- f.** Análisis de costos de aplicación de micropavimentos (MPAF) versus pavimento asfáltico en caliente (MAC).

Para conseguir un mortero apropiado de micropavimento se efectuará un proceso articulado de ensayos y mezclas de emulsión asfáltica modificada con polímeros de rotura controlada, agregados pétreos (arena triturada de forma cúbica) y agua; la aplicación como revestimiento certificará que trabaje como superficie de desgaste de 8 a 10 años en condiciones normales de uso.

La metodología de diseño de mezcla para microaglomerados como describe la ASTM e ISSA, indican claramente que los métodos de diseño de mezcla deben utilizarse sólo como una guía; por lo tanto, se necesita un método más exacto para proporcionar diseños de mezcla de éxito, sobre la base de pruebas relacionadas con el rendimiento, incluidos el método de diseño y en gran medida de la experiencia del equipo técnico de construcción con este tipo de tratamientos (*Rajiv Kumar y Teiborlang Rynthathiang, 2016, p. 489*).

El diseño de micropavimentos está normalizado de acuerdo a:

- Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-013, sección 425.
- ISSA (International Slurry Surfacing Association), ISSA A 143 "Guía recomendada de cumplimiento para micropavimentos" (Recommended Performance Guidelines for Microsurfacing).
- ASTM (American Society for Testing and Materials), ASTM D 6372.

La guía de ISSA A 143, propone que las tasas de aplicación deben de ser según la ubicación geográfica, tipo de tráfico y estado de falla de la carpeta asfáltica, para lo cual ha clasificado en tres tipos:

- ✓ Tipo I: Es aplicado en vías de tráfico bajo; consiste en realizar sellado óptimo de la superficie o tratamiento previo de un recabado asfáltico y sello de agregados.
- ✓ Tipo II: Es el tipo de mortero más usado, debido que la aplicación salvaguarda el envejecimiento y daños por efecto del agua u otro líquido, evita la desintegración de los agregados y mejora la fricción superficial; es aplicado en vías con tráficos moderados.
- ✓ Tipo III: Es aplicado en vías de alto tráfico y con la finalidad de conseguir elevados valores de fricción.

Tabla N° 08: Tasa de aplicación para micropavimentos

TIPO DE AGREGADO	UBICACIÓN	TASA DE APLICACIÓN SUGERIDA
Tipo I	Áreas de parqueo, zonas residenciales y urbanas	8 – 12 lb/yd ² - (4.3 – 6.5 kg/m ²)
Tipo II	Vías urbanas y residenciales, pistas de aeropuerto	10 - 20 lb/yd ² - (5.4 - 10.8 kg/m ²)
Tipo III	Vías primarias e interestatales, bacheo	15 - 30 lb/yd ² - (8.1 - 16.3 kg/m ²)

Fuentes: ISSA, “Recommended Performance Guidelines for Microsurfacing” - ISSA A 143, 2005. p. 6.

EVALUACIÓN DE LA VÍA SEGÚN EL MUESTREO

Con el designio de tener evaluación confiable y científica, de acuerdo a la investigación que se ha desarrollado, el muestreo elegido por el autor consta de una carpeta asfáltica de un área de 350 m², y para determinar la real dimensión de falla se ha hecho evaluación superficial por el método de Índice de Condición de Pavimento – PCI, alcanzando los siguientes resultados:

a. Datos:

- ✓ Longitud de la vía: 1450 m
- ✓ Tipo de vía: Urbana
- ✓ Ancho de vía: 22 m
- ✓ Vía: Bidireccional con berma central
- ✓ Calzada por sentido: 7 m
- ✓ Capa de rodadura: Carpeta asfáltica
- ✓ Capa de protección: mono capa de 2”
- ✓ Unidad de muestra y muestreo: 350 m²
- ✓ Tipo de evaluación: Superficial
- ✓ Ubicación: Avenida San Remo, cruce con calle rosales y pasaje 02
- ✓ Método de evaluación: Índice de Condición de Pavimento – PCI / ASTM D 6433-07, 2007

b. Herramientas e instrumentos:

- ✓ Regla y nivel de mano
- ✓ Cinta métrica
- ✓ Cordel
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Conos de seguridad
- ✓ Plano de ubicación
- ✓ Libreta de campo
- ✓ Manual de PCI
- ✓ SCTR: Seguro Complementario de Trabajos en Riesgo.

c. Gabinete y procesamiento de datos:

El PCI, se establece mediante el índice numérico y el procesamiento de datos es con el propósito de lograr la valoración de irregularidad de la capa de rodadura o superficie del pavimento y su condición operacional (funcionalidad) del pavimento.

Esta condición cualifica al pavimento en base a una escala numérica que va desde el “0” para un estado fallado y “100” para el estado excelente, según el siguiente cuadro.

Tabla N° 09: Escala de rangos de Clasificación PCI

VALOR PCI	EVALUACIÓN
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

Fuente: ASTM D 6433-07, 2007.

Luego de la evaluación en campo, procesamiento datos y determinado el valor de PCI, se puede establecer el nivel de intervención, de acuerdo al siguiente detalle:

Tabla N° 10: Intervención del PCI

RANGO	CLASIFICACIÓN	INTERVENCIÓN
100 - 71	Bueno	Mantenimiento
31 - 70	Regular	Rehabilitación
0 - 30	Malo	Construcción

Fuente: ASTM D 6433-07, 2007.

Es un factor de ponderación, conocido como “valor deducido”, que determina el grado de afectación de deterioro, nivel de severidad y densidad de condición del pavimento. Con el método PCI se hace el procedimiento de determinación de condición del pavimento, mediante observación visual, de tal forma que se debe tener en claro la clase de severidad y fallas que presenta; toda esta recopilación de información debe de ser plasmado en formatos estandarizados.

La clasificación de falla de los pavimentos flexible puede ser estructural o superficial, de acuerdo a la determinación de la norma ASTM D 6433-07, para lo cual ha considerado 19 tipos de fallas, según el siguiente detalle:

Tabla N° 11: Fallas consideradas en PCI – Pavimentos Flexibles

FALLA	DESCRIPCIÓN	UND.
01	Grieta Piel de Cocodrilo	m ²
02	Exudación de Asfalto	m ²
03	Grietas de Contracción (Bloque)	m ²
04	Elevaciones - Hundimiento	M
05	Corrugaciones	m ²
06	Depresiones	m ²
07	Grietas de Borde	M
08	Grietas de Reflexión de Juntas	M
09	Desnivel Calzada - Hombrillo	M
10	Grietas Longitudinal y/o Transversal	M
11	Baches y Zanjas Reparadas	m ²
12	Agregado Pulidos	N°
13	Huecos	m ²
14 *	Cruce de Rieles	m ²
15	Ahuellamiento	m ²
16	Deformación por Empuje	m ²
17	Grietas de Deslizamiento	m ²
18	Hinchamiento	m ²
19	Disgregación y Desintegración	m ²

Fuente: ASTM D 6433-07, 2007.

Con el propósito de determinar el estado real en la que se encuentra el pavimento sea estructural o nivel de servicio, que son percibido por los beneficiarios; existen diferentes métodos de evaluación y análisis, en particular para la actual investigación se ha considerado realizar estudio de carpeta asfáltica de acuerdo a la norma ASTM D 6433-03, en la cual el método PCI permite establecer parámetros de integridad superficial muy explícita y real. Al identificar las fallas y la intrepidez de dimensiones de cada una de ellas y mediante procesamiento de datos recopilados en campo, permitirá la determinación para una posible intervención sea mantenimiento preventivo o correctivo.

Las unidades de muestreo, son establecidos de acuerdo a un criterio técnico y cuyas dimensiones varían de acuerdo al tipo de vía y capa de rodadura.

Para la presente investigación, la calzada de pavimento flexible es menor a 7.30 m, por consiguiente, el área de la unidad de muestreo debe estar en rango de $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$, según el siguiente cuadro:

Tabla N° 12: Longitudes de unidades de muestreo para pavimentos asfálticos

ANCHO DE CALZADA (M)	LONGITUD DE LA UNIDAD DE MUESTREO (M)
5	46
5.5	41.8
6	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

Fuente: Vásquez Varela, 2002.

Luego de la identificación se sectoriza en tramos áreas, luego se divide cada tramo en secciones para ser inspeccionadas a fin de realizar levantamiento de información en formatos implantados.

Gráfico N° 10: Formato de PCI – Pavimento Flexible

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO				ESQUEMA		
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL	ÁREA MUESTREO (m ²)				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
INSPECCIONADA POR			FECHA			
<input type="text"/>			<input type="text"/>			
No.	Daño	No.	Daño			
1	Piel de cocodrilo.	11	Parqueo.			
2	Exudación.	12	Pulimento de agregados.			
3	Agrietamiento en bloque.	13	Huecos.			
4	Abultamientos y hundimientos.	14	Cruce de vía férrea.			
5	Corrugación.	15	Ahuellamiento.			
6	Depresión.	16	Desplazamiento.			
7	Grieta de borde.	17	Grieta parabólica (slippage)			
8	Grieta de reflexión de junta.	18	Hinchamiento.			
9	Desnivel carril / berma.	19	Desprendimiento de agregados.			
10	Grietas long y transversal.					
Daño	Severidad	Cantidades parciales		Total	Densidad (%)	Valor deducido

Fuente: Vásquez Varela, 2002.

La clase, es la determinación del grado de degradación de la carpeta asfáltica, como: abultamientos, piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, exudación, etc.

La severidad, es la cualificación de criticidad del desperfecto en término de ascenso que va sufriendo la vía, esto es percibido por los usuarios y la determinación es mediante escalas como:

Bajo (L: Low), es percibido por el usuario y se refleja mediante corrugaciones y es observable.

Medio (M: Medium), en esta percepción el conductor ya percibe una mayor vibración del carro y es forzoso disminuir la velocidad.

Alto (H: High), es percibido por todos los ocupantes del vehículo y está obligado a reducir la velocidad del vehículo completamente.

El procesamiento del PCI, es el análisis de datos, se puede realizar en forma manual o mediante programas computacionales y los valores son fundados de acuerdo al tipo de falla y severidad. En atención a lo cual se considera desarrollar según el siguiente detalle:

Primero: Cálculo de los valores deducidos (VD), se cuantifica el tipo y nivel de severidad de falla, los mismos son registrados de acuerdo al formato; una vez expreso el valor deducido por tipo de daño y nivel de severidad se determina valor deducido del daño.

Segundo: Determinación del número máximo admisible de valores deducidos (m), se determina mediante la fórmula de Número Máximo de Valores Deducidos (m), según la siguiente ecuación: $m1 = 1.00 + \frac{9}{98}(1.00 - HDVi)$

Tercero: Cálculo del máximo valor deducido corregido (CDV), es un proceso reiterado, donde se establece el número de valores deducidos (q) mayores que 2.

Cuarto: Determinación de la diferencia, se determina el PCI restando el máximo CDV de 100, que fue en la etapa anterior, según la siguiente fórmula: $PCI = 100 - \max CDV$

Dónde: PCI es el Índice de Condición del Pavimento, Máx. CDV: Máximo valor corregido deducido.

SELECCIÓN DE MATERIALES, DISEÑO, MEZCLA Y PRUEBAS MECÁNICAS

La selección de materiales como agregado, filler, emulsión asfáltica, polímeros y agua se recopilará de acuerdo la guía recomendada por la ISSA A-143 y el manual de MTC / EG – 2013.

A. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS MATERIALES

a. Agregado pétreo

Los agregados pétreos deben de provenir de la trituración de roca o piedra chancada por impacto, como granito, escorias, caliza o la combinación de estos, las trituraciones de estas

rocas deben de convertirse en arena chancada de forma cúbica. El agregado pétreo tiene que cumplir con los requerimientos mínimos de granulometría establecida según la Tabla 425-01 / EG – 2013, calidad de acuerdo a la Tabla 425-02 / EG – 2013 y tolerancias de banda de trabajo según la Tabla 425-03 / EG – 2013, según lo siguiente:

Tabla N° 13: Ensayos mínimos necesarios para agregados para carreteras

Tipo de Ensayo	Descripción	Normativa
Análisis Granulométrico	Determina, cuantitativamente, los tamaños de las partículas de agregados gruesos y finos del material, por medio de tamices normalizados, elaborando una curva granulométrica.	ASTM C136 AASHTO T 27 MTC E 204
Gravedad Específica y Absorción de agregados gruesos	Determina la relación entre el peso y el volumen del agregado grueso.	ASTM C127 AASHTO T85 MTC E206
Gravedad Específica y Absorción de agregados finos	Determina la relación entre el peso y el volumen del agregado fino.	ASTM C128 AASHTO T 84 MTC E 205

Fuente: Galván Luis, 2015, p. 25.

Tabla N° 14: Granulometría de los agregados pétreos para micropavimentos en frío

TAMICES		BANDAS GRANULOMÉTRICAS PORCENTAJE EN PESO QUE PASA, %			
(mm)	(ASTM)	Tipo M-I	Tipo M-II	Tipo M-III	Tipo M-IV
12,5	(1/2")				100
10,0	(3/8")		100	100	85-98
5,0	(N.º 4)	100	85-95	70-90	62-80
2,5	(N.º 8)	85-95	62-80	45-70	41-61
1,25	(N.º 16)	60-80	45-65	28-50	28-46
0,63	(N.º 30)	40-60	30-50	18-34	18-34
0,315	(N.º 50)	25-42	18-35	12-25	11-23
0,16	(N.º 100)	15-30	10-24	7-17	6-15
0,08	(N.º 200)	10-20	5-15	5-11	4-9

Fuente: Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-013. p. 644.

Tabla N° 15: Requerimientos de los agregados pétreos para micropavimentos en frío

ENSAYO	NORMA	EXIGENCIA
Partículas fracturadas	MTC E 210	100%
Durabilidad al Sulfato de sodio	MTC E 209	Máx. 12%
Desgaste de Los Ángeles	MTC E 207	Máx. 25%
Equivalente de Arena	MTC E 114	Mín. 60%
Azul de metileno	AASHTO TP 57	Máx. 8
Adherencia Riedel-Weber	MTC E 220	Mín. 4*
Adherencia Método Estático	ASTM D 1664	Mín. 95%

Fuente: Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013. p. 644.

Tabla N° 16: Tolerancias de agregados para banda de trabajo

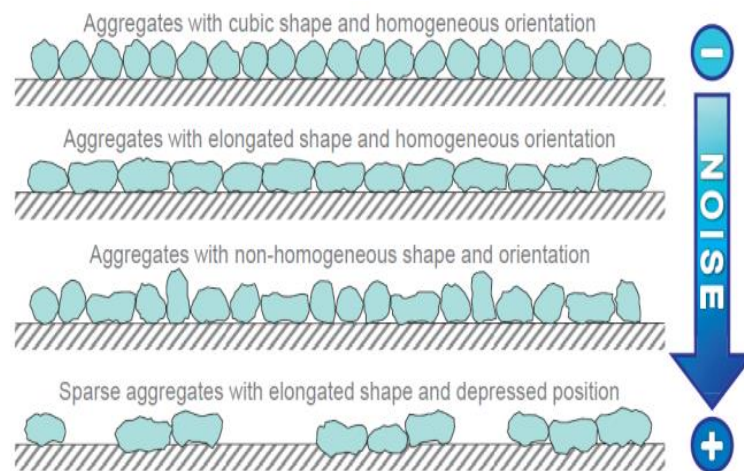
TAMICES		TOLERANCIA (%)
(mm)	(ASTM)	
5,0	(N.º 4)	± 5
2,5	(N.º 8)	± 5
1,25	(N.º 16)	± 5
0,63	(N.º 30)	± 5
0,315	(N.º 50)	± 4
0,16	(N.º 100)	± 3
0,08	(N.º 200)	± 2

Fuente: Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-013. p. 645.

- Con la designio de garantizar la disposición del MPAF y practicar patrones de control de calidad, y antes que sea triturada la roca es obligatorio realizar ensayo de abrasión y valores de pulido cuando su granulometría sea mayor a 1 ½".
- La granulometría del agregado debe de cumplir con todas las exigencias y las tolerancias mínimas y máximas. Es importante precisar que los agregados cumplen la función básica de tolerar la abrasión de los neumáticos y componen entre el 80 a 90% del mortero de los MPAF.
- Según *Ortiz Palomino, (2014, p. 77)*, para el diseño de mezclas de micropavimento, es recomendable tener como mínimo 50 kg de agregado triturado seco que pase la malla 3/8". La cantidad es mayor a la recomendada para morteros asfálticos ya que el diseño de la mezcla de micropavimento es más exigente y muchas veces los especímenes de ensayo no aprueban las especificaciones siendo entonces necesario reformular la emulsión y hacer nuevamente todo el proceso de diseño.
- Una vez obtenida la muestra necesaria en la cantera, se debe realizar lavado y secado en un horno regulable; seguidamente se procederá con el tamizado o zarandeo para su posterior pesado de cada tamiz, por lo que es necesario cerciorarnos en todo momento que las partículas hayan sido retenidas de acuerdo al número de tamiz.

- Al realizar la prueba de equivalente de arena – NORMA ASTM D 2419 (AASHTO 176), nos indicará la presencia de finos arcillosos del agregado, y si se observa que los valores de tolerancia son mayores o menores de su tolerancia logran afectar adherencia del ligante asfáltico y si el valor es representativo indicará los finos plásticos es arena es limpia y apta para la mezcla.
- Para la obtención de arena chancada, como mínimo debe de ser triturado en tres etapas, como: chancado primario de roca (de tamaño grande), chancado secundario de agregado de diferentes granulometrías (mayores a 1 ½”) y chancado terciario por impacto con el propósito de lograr arena chancada de forma cúbica menores a 3/8” para granulometría tipo M – II.
- A fin de determinar la óptima gradación de la arena chancada, se considera que agregado es triturado a un 100%, equivalente de arena 65% (mínimo), durabilidad 15% (máximo), resistencia a la abrasión 30% (máximo) y granulometría Tipo II.

Gráfico N° 11: Orientación de arena chancada para micropavimentos



Fuente: Procedia – Social and Behavioral Sciences 53 (2012), p. 233.

b. Filler mineral

El filler mineral o el cemento hidráulico, en el total de la mezcla representan de 0 a 2%. Su uso es con la finalidad de garantizar la mansedumbre de la mezcla, optimizar la parte fina de la curva granulométrica de los agregados, pero en especial el comportamiento de rotura y curado del almirez asfáltico. Con la aplicación del filler o

polvo mineral se garantiza la segregación de los agregados e incrementar o reducir la rotura y deposición.

c. Polímero

El polímero mejora las propiedades de cohesión y adhesión, e incrementa la rigidez y susceptibilidad a cambio de temperatura; los polímeros son añadidos durante la preparación de la mezcla y antes del proceso de emulsificación. La cantidad y el tipo de polímero modificador es determinado en el laboratorio de acuerdo al diseño establecido; se precisa que para la determinación de la emulsión asfáltica la proporción requerida (exclusivamente para la emulsión) oscila entre el 3 a 4%.

Los polímeros más comunes para el diseño de los micropavimentos son los SBS, SBR y EVA; la compatibilidad se determina mediante la prueba ablandamiento y viscosidad del ligante o con la prueba de residuo asfáltico.

d. Agua

El agua es el componente que determina la consistencia de la mezcla, debe de estar libre de materiales álcalis (minerales como calcio y magnesio) o agentes contaminantes y sustancias deletéreas; el pH debe de cumplir las normas NTP 339.072, NTP 339.073 y NTP 339.074, y en general se usa el agua potable. Este elemento líquido está presente en el agregado y las dosificaciones deben de cumplir las tolerancias mínimas y máximas con la finalidad de no afectar la cohesión y segregación de la mezcla.

e. Aditivos para control de rotura

Los aditivos son añadidos a la mezcla con la finalidad de controlar las propiedades y rotura de la mezcla de la emulsión asfáltica y ser compatibles. La coetilla de los aditivos solo se hará cuando las características de diseño del micropavimentos lo requieran.

f. Material bituminoso

Es el segundo elemento básico para el diseño de los micropavimentos, debe de ser emulsión asfáltica modificada con polímeros de rotura controlada CQS – 1HP, y cumplir con las exigencias mínimas de la AASHTO M 208 o ASTM D 2397 y MTC

GE – 2013. El tipo de material bituminoso o emulsión asfáltica, se determina de acuerdo a las características mineralógicas del agregado pétreo, ubicación geográfica y tipo de vía, características de tránsito y condiciones climatológicas.

Tabla N° 17: Nomenclatura establecida de emulsión asfáltica

Emulsión aniónica	Emulsión catiónica
RS-1	CRS-1
RS-2	CRS-2
MS-1	----
MS-2	CMS-2
MS-2h	CMS-2h
HFMS-1	----
HFMS-2	----
HFMS-2h	----
SS-1	CSS-1
SS-1h	CSS-1h
QS-1h	CQS-1h

Fuente: AASHTO M140-M208 y ASTM D977 – D2397.

Tabla N° 18: Requerimientos para las emulsiones modificadas con polímeros

ENSAYO	NORMA	EXIGENCIA
Viscosidad Saybolt Furol (25° C) (sSf)	MTC E 403	20-100
Sedimentación (7 días)	MTC E 404	5% máx.
Prueba de Tamiz	MTC E 405	0,1% máx.
Carga de partícula	MTC C 407	Positiva/Negativa
Determinación del residuo asfáltico	MTC E 411	62% mín.
Prueba sobre el Residuo de Evaporación		
Penetración, 25° C. 100 g. 5 s, 0,1 mm	MTC E 304	50*-90* 100-150
Ductilidad 5° C	MTC E 306	≥ 10 cm
Índice de Fraass	MTC E 311	-17° C máx.
Recuperación elástica, 25° C, 20 cm, 1 h	ASTM D 6084	30% mín.

Fuente: Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-013. p. 646.

- ✓ El polímero tiene que ser triturado en molino y mezclado en el ligante antes del proceso de emulsificación. La cantidad en lo general es de 3% de polímero sólido y el tipo de polímero se instituye en el laboratorio de acuerdo al ligante. Es recomendable uso de la emulsión asfáltica modificada con polímeros antes de las treinta y seis horas de despacho de la planta de asfaltos y si no se cumple en emplear antes de la hora indicada, se tiene que realizar prueba de sedimentación de cinco días.
- ✓ Las emulsiones modificadas con polímeros, deben de estar a temperatura por debajo de los 180 °C, y si en caso que sea mayor es recomendable no usar debido que los polímeros han sido degradados, para lo cual es importante considerar las condiciones climatológicas.

B. DISEÑO DE MEZCLA Y CONTROL DE CALIDAD

El diseño de mezcla se ha realizado teniendo las siguientes consideraciones:

- Tipo de falla de la carpeta asfáltica: moderada
- Tipo de vía: Tráfico moderado con índice de crecimiento exponencial
- Diseño de micropavimento: Tipo II

Para avalar y cumplir las exigencias mínimas de diseño de micropavimento y aplicación a la carpeta asfáltica con deterioro moderado, se aleccionó con la recolección de materiales de primerísima calidad, a fin de ser evaluados mediante ensayos y pruebas mecánicas de morteros en laboratorios especializados.

Agregado

Se realizó mapeo de canteras cercanas a la obra con el propósito de que el transporte de suministro no incida elocuentemente en el coste de elaboración de micropavimentos; para lo cual se realizó las siguientes actividades:

- Trituración de roca – Chancado primario
- Trituración de agregado – Chancado secundario
- Chancado de arena – Chancado por impacto hasta obtener forma cúbica con dimensiones menores a 3/8”.

- Tamizado y recopilación de muestras de agregado promedio de 100 kg (50 kg para ensayos propiamente de agregado – Manual de MTC EG - 2013 y 50 kg para ensayos mecánicos de mezcla ISSA A 143).

Emulsión asfáltica

Se ha determinado usar como fuente emulsiones asfálticas modificadas con polímeros SBR de rotura controlada de las proveedores CAH Contratistas Generales S.A. y Grupo TDM Asfaltos, en ambos casos los productos son certificados y han cumplido un estricto control de calidad y las exigencias mínimas de ISSA – A 143, como: tiempo de rotura, contenido de polímero, penetración, punto de reblandecimiento del ligante residual y ensayos de redención elástica.

Tabla N° 19: Ensayos de emulsión asfáltica de rotura controlada CQS – 1HP

ENSAYOS SOBRE EMULSIÓN	MÉTODO ASTM	UNIDADES	ESPECIFICACIONES	
			MÍNIMO	MÁXIMO
VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL 25 °C	D 7496	Ssf	20	100
RESIDUO POR EVAPORACIÓN	D 6934	%	62	--
CONTENIDO DE AGUA, % VOLUMEN	D 95	%	--	38
SEDIMENTACIÓN, 7 DÍAS	D 6930	%	--	5
PRUEBA DEL TAMIZ N° 20	D 6933	%	--	0.1
CARGA DE PARTÍCULA	D 7402		POSITIVA	
ENSAYOS SOBRE EL RESIDUO DE EMULSIÓN	MÉTODO ASTM	UNIDADES	ESPECIFICACIONES	
			MÍNIMO	MÁXIMO
PENETRACIÓN, 25 °C, 100 g, 5 seg.	D 5	dmm	50	90
PUNTO DE ABLANDAMIENTO	D 36	°C	45	--
RECUPERACIÓN ELÁSTICA, 25° C, 20 cm, 1 h	D 6084	%	30	--
DUCTILIDAD 5°	D 113	cm	10	--

Fuente: CAH Contratistas Generales S.A. (2019).

Diseño de mezcla y control de calidad

El diseño del mortero de micropavimentos, ha sido desarrollado mediante la metodología de la International Slurry Surfacing Association – ISSA, para lo fue necesario articular actividades, como: suministro y logística de materiales de calidad, buen diseño y buen proceso constructivo.

- ✓ Elección de espesor del micropavimento: de acuerdo a las fuentes consultadas y las experiencias internacionales y nacionales, el desgaste de la carpeta asfáltica en vías de alto tránsito y autopistas o donde existe incremento exponencial de ejes vehiculares que superan el diseño de la vía, han considerado como mínimo 1 mm de espesor por año; por ende para la presente tesis se ha estimado vida útil de 07 a 08 años de revestimiento, en ese sentido se ha diseñado para espesor de 10 mm, debido que la vía objeto de estudio presenta carpeta asfáltica con fallas moderadas de desprendimiento de agregados y fisuraciones.
- ✓ Los agregados, representan más del 85% de la mezcla; por ende, se requiere un material de alta calidad, procedente de roca dura, selecta y triturada hasta convertir arena chancada de forma cúbica y que cumpla el análisis granulométrico de la Norma AASHTO T-27, ASTM D 422 y MTC / EG – 2013 y sus respectivas tolerancias de gradación tipo II; en atención a lo cual se desarrollará las siguientes pruebas y ensayos:
 - Determinación de Equivalente de Arena: para determinar este ensayo se aplicará la norma ASTM D 2419 y AASHTO T 176; en este ensayo es posible fijar presencia de finos arcillosos (adherencia del ligante con el agregado). El procedimiento es mediante la adición de cloruro de calcio en un cilindro graduado, luego eliminar las burbujas de aire con movimientos o golpes sobre el cilindro, se deja reposar por periodo adecuado y transcurrido el tiempo necesario se debe de medir el tubo de ensayo y este resultado debe cumplir como mínimo el 60% según la norma del MTC E 114.
 - Determinación de Azul de Metileno: se usará la norma ISSA TB 145 como guía; en este ensayo se establece el grado de reactividad de los finos del agregado usando como reactivo el azul de metileno para el diseño de la emulsión asfáltica y la inclusión de aditivos retardantes; el procedimiento es usar promedio de 1 kg de

agregado que haya pasado por el tamiz N° 200, en tal sentido debe de estar libre de humedad y si en caso que exista se debe de secar en un horno a temperatura promedio de 110° C; luego colocar en tubo de ensayo milimétrico una cantidad no superior a 300 g, para luego agregar agua limpia y destilada; agitar hasta conseguir una mezcla uniforme; adicionar a la mezcla solución de azul metileno de 0.5 ml. para ser agitado por periodo de un minuto; para luego ser extraída una pisca (una gota) sobre el papel filtro; este procedimiento debe de ser repetido varias veces hasta obtener la exigencia máxima de 8 mg/g según AASHTO TP 57.

- Determinación de desgaste de los Ángeles: se usará como guía la norma ASTM C 131 / AASHTO T 969; en la presente prueba se fija la dureza de los agregados y la resistencia de fricción bajo las condiciones de rozamiento o fricción del neumático; esta prueba debe ser la primera en realizarse con el intento de certificar calidad de los agregados, al agregado seleccionado para la prueba se debe de introducir esferas de acero, para luego introducir a la máquina de los Ángeles; teniendo el agregado y las canicas de acero se programa la maquina a velocidad constante de 500 ciclos; cumplido los ciclos se retira el agregado y las esferas de acero para ser tamizados por la malla N° 12, en la cual se debe de clasificar los finos de los gruesos; luego el agregado retenido en el tamiz N° 12 se debe de secar en el horno a temperatura promedio de 105° C, de peso promedio de 01 kg, de este resultado como exigencia máxima no debe de ser superior a 25% de acuerdo a la norma del MTC E 207.
- Determinación de durabilidad por sulfato de magnesio: se utilizará como guía la norma ASTM C 88 / AASHTO T 104; en esta prueba se decreta la resistencia a la disgregación mediante la aplicación de soluciones de magnesio o sodio. Se realiza elección de agregados en envases hemáticos (con tapa), donde se introduce la solución de sulfato o sodio por periodo de 24 horas, de tal forma que la solución cubra en su totalidad al agregado a temperatura promedio de 21° C; luego de la saturación y consumado el periodo, se separa el agregado de la solución en su totalidad (escurriendo) para luego ser secado en horno a temperatura promedio de 105° C; durante el periodo de secado se debe de sacar muestras del horno para ser pesados hasta alcanzar un peso constante o difieran en 1% del peso de la muestra en periodo de cuatro horas de secado; logrado el peso invariable, se enfría la muestra a temperatura ambiente para luego ser sumergido a la solución y posterior

a la ablución. El resultado de esta prueba como máximo debe de ser 12% de desgaste, según la norma MTC E 209.

- ✓ Filler mineral o el cemento hidráulico, es incorporado a la mezcla en porcentaje no superior a 2%, de acuerdo las exigencias obtenidas en el laboratorio.
- ✓ Polímero: Durante la preparación de la mezcla y antes del proceso de emulsificación, la cantidad y el tipo de polímero modificador es determinado en los laboratorios de CAH Contratistas Generales S.A. y Grupo TDM Asfaltos y en ninguno de los casos ha sido inferior al 3% ni mayor al 4%, en ambos casos se usó polímero SBR. y cumplieron con la norma MTC EG – 2013.
- ✓ El agua: es el componente que determina la consistencia de la mezcla, debe de estar libre de materiales álcalis (minerales como calcio y magnesio) o agentes contaminantes y sustancias deletéreas; el pH debe de cumplir las normas NTP 339.072, NTP 339.073 y NTP 339.074, y en general se usa el agua potable.
- ✓ Material bituminoso: se ha empleado emulsión asfáltica modificada con polímeros de rotura controlada CQS – 1HP, según Tabla N° 19.

Consideraciones sobre la emulsión asfáltica modificada con polímeros:

El polímero debe de ser triturado en molino y mezclado en el ligante antes del proceso de emulsificación; la cantidad y el tipo de polímero es determinado en el laboratorio, por lo general es un 3% de polímero sólido como mínimo; es recomendable la usanza de la emulsión asfáltica modificada con polímeros antes de las treinta y seis horas de despacho de la planta de asfaltos y si no se cumple en utilizar antes de las horas indicadas para su uso se debe de realizar prueba de sedimentación de cinco días; las emulsiones modificadas con polímeros deben de estar por debajo de los 180 °C y si en caso que la temperatura ha sido superior no debe ser usado debido que los polímeros han sido degradados.

Tabla N° 20: Ensayos mínimos necesarios para las emulsiones asfálticas

Ensayo	Descripción	Normativa
Carga de partículas	Identifica si una emulsión es catiónica o aniónica.	ASTM D244 AASHTO T 59
Viscosidad Saybolt Furol	Mide viscosidad de la emulsión, expresado en segundos Saybolt Furol, a temperaturas de 25°C (77°F) o 50°C (122°F).	ASTM D244
Sedimentación y Estabilidad para Almacenamiento	Detecta la tendencia de los glóbulos de asfalto a sedimentar a lo largo de un período de tiempo.	ASTM D244
Mezcla con cemento	Indica la capacidad de una emulsión de rotura lenta para mezclarse, sin romper, con un material de alta superficie específica.	ASTM D244
Recubrimiento en campo	Realizado in-situ para determinar capacidad para recubrir al agregado, resistir los efectos del mezclado y resistencia al agua del agregado recubierto.	ASTM D244
Residuo asfáltico por destilación	Separación de agua y asfalto por destilación, obteniendo un residuo asfáltico. Sobre el residuo pueden realizarse ensayos adicionales, con el objeto de determinar propiedades físicas del asfalto de uso final	ASTM D244

Fuente: Galván Luis, 2015, p. 35.

C. ENSAYOS MECÁNICOS DE MEZCLAS Y MORTEROS DE MICROPAVIMENTO ASFÁLTICO EN FRIO

a. Ensayo de mezclado en forma manual

- ✓ Debe de desempeñar con los requerimientos de la norma ISSA TB 113, las exigencias mínimas son de 120 segundos; por lo tanto, se debe de seguir los siguientes procedimientos: dosificar agregado cantidad de 100 g, debe de estar completamente seca, separa en ocho recipientes como mínimo; en cada

recipiente agregar agua y revolver emulsión en porcentajes disímiles y con el propósito de lograr mezcla homogénea revolver con espátula o agitar por periodo de 2 a 5 minutos; esta prueba se efectúa con el designio de tener confiabilidad de compatibilidad de agregado con la emulsión asfáltica.

- ✓ Colocar una porción de la muestra obtenida de los recipientes en papel filtro con el propósito de inspeccionar la sublimación del agua de las mezclas ensayadas por periodo promedio de 5' y los datos obtenidos de rotura de cada recipiente, deben de ser registrados en las fichas de observación.
- ✓ Si las muestras presentan cambios bruscos como brillo, adherencia, sedimentación o saturación, es necesario hacer más pruebas y si persiste es recomendable cambiar el tipo de emulsión, disminuir o incrementar el porcentaje de agua o existe mucho contenido de finos. Todo esto se debe de realizar a temperatura ambiente hasta obtener un resultado ideal y óptimo.

b. Ensayo de cohesión

- ✓ Debe de cumplir con la norma ISSA TB 139; en ese sentido se debe de seguir los siguientes procedimientos; después de la prueba de mezclado manual, dosificar el agregado en cantidades adecuadas para el micropavimento tipo II, luego ser moldeado en recipientes de forma de argolla y cuyos espesores deben de ser variables para el tipo de granulometría establecida. El objetivo de este ensayo es establecer el progreso de curado en un determinado tiempo.
- ✓ Las muestras de las mezclas moldeadas deben de pasar por el cohesímetro en periodos de 15, 30 y 60', de tal forma el inicio debe de ser en el minuto quince y sucesivamente hasta completar. El cohesímetro aplica presiones de simulación neumática de 25 PSI y simultáneamente un torquímetro a un ángulo de 90° C; estos resultados deben de ser registrados y ser interpretados de acuerdo a la norma ISSA TB 139.
- ✓ Este ensayo mide la resistencia a la torsión de un espécimen de la mezcla a presión de 200 mPa., con el ensayo de cohesión (torque) se determina el tiempo de rotura o curado con el propósito de dar la reapertura al tráfico.

c. Ensayo de Rueda Cargada – L.W.T. (Loaded Wheel Test)

- ✓ Debe de cumplir la norma ISSA TB 109 y las exigencias mínimas de ensayo L.W.T, como máximo 538 g/m²; para ello se debe de seguir los siguientes procedimientos: las muestras deben de tener 300 g de agregado, y muchas muestras con disímiles porcentajes de emulsión asfáltica y agua; cada molde debe de tener un espesor máximo de tamaño del agregado.
- ✓ Los moldes deben de ser cuadriforme, la base debe de ser igual a 1/7 de su largo, el largo promedio de 37.5 cm, estos moldes deben de ser curado en el horno a temperatura promedio de 60° C en periodo de 15 horas con el designio de obtener peso constante.
- ✓ Proceder con la prueba propiamente de rueda cargada, simulando a un neumático con una carga de 57 kg por 1000 ciclos a temperatura ambiente. Cumplido el ciclo el prototipo debe de ser fregoteada y secada a temperatura promedio de 60° C y la obtención de esto sería el primer peso (P1) y con el propósito de obtener el otro peso se pone la arena fina de Ottawa calentada a temperatura de 82° C, con peso promedio de 200 g sobre la muestra ensayada y a este resultado se somete una prueba más de rueda cargada por 100 ciclos.
- ✓ Concluido el proceso de los 100 ciclos, se procede con la limpieza y se pesa para obtener el segundo peso (P2). La diferencia de los dos pesos determina la cantidad de arena fina de Ottawa adherida en el espécimen; este valor de adherencia no debe ser mayor a los 538 g/m².
- ✓ El ensayo de rueda cargada mide la susceptibilidad a la exudación y la deformación de las mezclas asfálticas, pesando la arena absorbida por el ligante excedente.

d. Ensayo de Pérdida por Abrasión Húmeda W.T.A.T. (Wet Track Abrasion Test)

- ✓ Debe de cumplir la norma ISSA TB 100 y las exigencias mínimas de ensayo W.T.A.T, como máximo 538 g/m²; por lo que se debe de seguir los siguientes procedimientos: Tamizar el agregado por la malla #4 promedio de 800 g,

preparar muchos especímenes con disímiles porcentajes de emulsión asfáltica y agua; cada molde de forma de argolla debe de estar de acuerdo a la granulometría para el tipo II, cuyo diámetro del argolla debe de ser 28 cm, las muestras deben de ser secadas en horno a temperatura promedio de 60° C por periodo de 15 horas.

- ✓ Cumplido el tiempo de secado las muestras debe de ser enfriado a temperatura ambiente y ser pesado para la obtención del primer peso (P1); luego se procede en sumergir en el agua a temperatura promedio de 25° por periodo de 60', luego se procede a ensayar la muestra sumergida en la máquina de abrasión por periodo de 5' a temperatura ambiente.
- ✓ La muestra ensayada se repite el mismo proceso que el anterior, como lavado, secado, enfriado a temperatura ambiente, para luego ser pesado con el propósito de obtener el segundo peso (P2). Este valor de pérdida de peso no debe ser mayor a los 538 g/m².
- ✓ Las mezclas deben de ser homogéneas, los porcentajes de materiales deben de mantenerse y el tiempo debe de ser mayor a 3'. El molde de la argolla debe de ser retirado en un cincuenta por ciento del tiempo estimado; la pérdida de la muestra determina la tasa de decadencia o resistencia a la abrasión de la mezcla, por ende, se determina el contenido mínimo necesario del ligante.

e. Ensayo de Compatibilidad de la Emulsión con el Agregado Fino – Schulze Breuer and Ruck

- ✓ Debe de cumplir la norma ISSA TB 144; este ensayo es para determinar la compatibilidad entre el agregado fino, látex y emulsión, todo esto bajo condiciones exageradas de relente, desgaste y temperatura, para ello se debe de seguir los subsiguientes ordenamientos: se prepara la mezcla en un molde de espécimen para ser sometido en agua por 6 días.
- ✓ Al espécimen se embute en un tubo cilíndrico para ser colmado con agua; esta mezcla es sometido a prueba mediante el equipo de Schulze Breuer and Ruck

con el propósito de someter a la abrasión y cohesión; luego los especímenes deben de ser sometido a ebullición.

- ✓ Se procede a secar a temperatura ambiente para determinar la absorción, abrasión, cohesión e integridad y ser registrados en la ficha de observación.

f. Ensayo de Consistencia con cono de Kansas

- ✓ Debe de cumplir la norma ISSA TB 106; este ensayo es para prescribir el óptimo contenido de agua con el designio de garantizar un adecuado desempeño del mortero; para lo cual se debe seguir las siguientes instrucciones: Los agregados deben de ser limpios y eliminados por completo la humedad en un horno a temperatura promedio de 110° C y apartar las muestras de 400 g para ser sometidos a la prueba de cono de Kansas.
- ✓ Las muestras deben de ser elaboradas con disímiles porcentajes de agua y cuantía establecida de emulsión asfáltica; estas mezclas tienen que ser revueltas hasta lograr homogeneidad en tiempo promedio de 3 minutos. Obtenida la mezcla se debe de introducir al cono para luego ser retirado de forma rápida, para lo cual el cono debe de estar sobre el papel determinado a escala de flujo.
- ✓ Retirado el cono se observa y anota el desprendimiento de la mezcla sobre la hoja determinada; al mortero se toma las medidas de desprendimiento en los cuatro lados (ángulos de 90°); a fin de determinar el valor medio y establecer el contenido óptimo de agua.

g. Determinación del Contenido Óptimo del ligante

De los diferentes ensayos realizados se obtiene información sobre contenido de emulsión, contenido óptimo de emulsión, contenido de residuo y contenido óptimo de asfalto, donde se instaura curvas con el propósito de establecer discernimientos de esbozo.

2.5. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS

- ❖ A fin que la actual tesis valga a modo de material de consulta, y mediante los mismos proponer amaine de detrimento de pavimentos asfálticos en vías de transporte urbano de bajo tránsito con deterioros moderados, se plantea opciones de solución para su revestimiento con los micropavimentos o microaglomerados.
- ❖ Levantamiento de información en campo, con el propósito de tener la real dimensión de falla frívola de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, usando el método de PCI.
- ❖ Trabajos de investigación en laboratorio con el designio de diseñar micropavimentos para vías de transporte urbano con incremento exponencial, bajo los lineamientos de la ISSA y el MTC EG – 2013.
- ❖ Para el diseño de los micropavimentos se ha usado agregado pétreo de la cantera Crushing (distrito de Lurín) y emulsión asfáltica catiónica de rotura controlada CQS-1HP de las marcas CAH Contratistas Generales S.A. y Grupo TDM Asfaltos.

2.6. ASPECTOS ÉTICOS

- ❖ Esta investigación es científica, diáfano, abierta al público, donde se acepta críticas; se ha citado todas las fuentes bibliográficas, los ensayos y pruebas han cumplido las especificaciones técnicas establecidas sea nacional e internacional.
- ❖ La veracidad de los resultados es tal cual, de acuerdo a los corolarios obtenidos en campo y laboratorio; se ha procurado de que los materiales excedentes y residuos sólidos generados durante los ensayos en los laboratorios contaminen lo mínimo posible, para lo cual se ha reciclado y segregado en acopios adecuados.
- ❖ Esta investigación se ha desarrollado con el designio de plantear disyuntivas de solución mediante revestimiento con micropavimentos al deterioro de las carpetas asfálticas de transporte urbano liviano.

III. RESULTADOS

Evaluación superficial de la carpeta asfáltica: la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, es una vía relativamente joven; sin embargo, de acuerdo a la estimación realizada por el método de PCI, se ha determinado que tiene deterioro moderado, para lo cual se ha hecho levantamiento de información y procesamiento de datos en campo, según el siguiente detalle:

❖ Información y datos de la vía en estudio:

- ✓ Longitud de la avenida: 1450 m
- ✓ Ancho total de la avenida: 22 metros
- ✓ Vía: Bidireccional con berma central de 2 m
- ✓ Ancho de calzada 7.00 m por sentido
- ✓ Bombeo: 0%
- ✓ Base estabilizada: 5 cm
- ✓ Espesor de afirmado: 11 cm
- ✓ Capa de protección: monocapa de 2”
- ✓ Un área total de calzada (carpeta asfáltica) de 20,300.00 m².
- ✓ Unidad de muestra y muestreo: 350 m²
- ✓ Tipo de evaluación: Superficial
- ✓ Muestreo: Avenida San Remo, cruce con calle rosales y pasaje 02
- ✓ Método de evaluación: Índice de Condición de Pavimento – PCI / ASTM D 6433-07, 2007.


❖ Herramientas e instrumentos utilizados:

- ✓ Regla y nivel de mano
- ✓ Cinta métrica y cordel
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Conos de seguridad
- ✓ Plano de ubicación
- ✓ Ficha de observación
- ✓ SCTR: Seguro Complementario de Trabajos en Riesgo.

❖ Procesamiento de datos:

Luego de realizar el levantamiento de información en campo, se ha logrado los siguientes valores en gabinete:

Tabla N° 21: Metrado de fallas de la unidad de muestra

INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO								 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
HOJA DE INSPECCIÓN								
Nombre de la Vía: Av. San Remo		Distrito: Puente Piedra		Fecha: 03 de julio de 2017				
Unidad de Muestra - UM: Avenida San Remo, cruce con calle rosales y pasaje 02		Responsable: Euclides RODRIGUEZ RONCAL						
Área de la muestra (m²): 350								
TIPO DE FALLA								
OBSERVACIONES	1.- Piel de cocodrilo	m²	11.- Parcheo	m²	MUESTRA			
	2.- Exudación	m²	12.- Agregados pulidos	m²				
	3.- Agrietamiento en bloque	m²	13.- Huecos	m²				
	4.- Elevaciones y hundimientos	m	14.- Cruce de vía férrea	m				
	5.- Corrugaciones	m²	15.- Ahuellamiento	m²				
	6.- Depresiones	m²	16.- Desplazamiento	m²				
	7.- Grietas de borde	m	17.- Grietas parabólicas	m²				
	8.- Reflexión de juntas	m	18.- Hinchamiento	m²				
	9.- Desnivel de calzada	m	19.- Desprendimiento de agregados	m²				
	10.- Grietas longitudinales y transversales	m		m²				
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES								
ÍTEM	TIPO DE FALLA	UNIDAD	SEVERIDAD	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	METRADO
01	PIEL DE COCODRILO	(m2)	L	0.50	0.90		0.50	1.90
			M	1.50	0.40		0.50	2.40
			H			1.00		1.00
02	EXUDACIÓN	(m2)	L					0.00
			M					0.00
			H					0.00
03	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	(m2)	L	1.00		0.70	0.50	2.20
			M		2.00	1.50	1.00	4.50
			H					0.00
04	ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS	(m2)	L			1.20		1.20
			M		0.36	0.30		0.66
			H				0.22	0.22
05	CORRUGACIÓN	(m2)	L					0.00
			M					0.00
			H					0.00
06	DEPRESIÓN	(m2)	L		0.35			0.35
			M	0.56		0.62		1.18
			H					0.00
07	GRIETA DE BORDE	(m2)	L					0.00
			M				2.17	2.17
			H					0.00
08	GRIETA DE REFLEXIÓN	(m2)	L					0.00
			M					0.00
			H					0.00
09	DESNIVEL CARRIL BERMA	(m2)	L					0.00
			M					0.00
			H					0.00
10	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	(m2)	L	1.00	0.70		0.90	2.60
			M	2.00	0.60	0.40	1.00	4.00
			H	1.80			0.30	2.10
11	PARCHEO	(m2)	L	2.00	5.00			7.00
			M	1.00	0.60	0.90		2.50
			H	0.50	1.00		0.60	2.10
12	PULIMENTO DE AGREGADOS	(m2)	L					0.00
			M					0.00
			H					0.00
13	HUECOS	(m2)	L		2.40			2.40
			M			2.20		2.20
			H			1.00		1.00
14	CRUCE DE VÍA FÉRREA	(m2)	L					0.00
			M					0.00
			H					0.00
15	AHUELLAMIENTO	(m2)	L					0.00
			M					0.00
			H					0.00
16	DESPLAZAMIENTO	(m2)	L					0.00
			M					0.00
			H					0.00
17	GRIETA PARABÓLICA	(m2)	L					0.00
			M					0.00
			H					0.00
18	HINCHAMIENTO	(m2)	L					0.00
			M					0.00
			H					0.00
19	DESPRENDIMIENTO S DE AGREGADOS	(m2)	L	3.00	6.00	6.00	8.00	23.00
			M	18.00	26.00	12.00	13.00	69.00
			H	0.40	1.20	0.50	2.00	4.10

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 22: Resumen de metrados por tipo de falla

ÍTEM	TIPO DE FALLA	UNIDAD	SEVERIDAD	METRADO
01	PIEL DE COCODRILO	(m2)	L	1.90
			M	2.40
			H	1.00
03	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	(m2)	L	2.20
			M	4.50
			H	0.00
04	ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS	(m2)	L	1.20
			M	0.66
			H	0.22
06	DEPRESIÓN	(m2)	L	0.35
			M	1.18
			H	0.00
07	GRIETA DE BORDE	(m2)	L	0.00
			M	2.17
			H	0.00
09	DESNIVEL CARRIL BERMA	(m2)	L	0.00
			M	0.00
			H	0.00
10	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	(m2)	L	2.60
			M	4.00
			H	2.10
11	PARCHEO	(m2)	L	7.00
			M	2.50
			H	2.10
13	HUECOS	(m2)	L	2.40
			M	2.20
			H	1.00
19	DESPRENDIMIENTOS DE AGREGADOS	(m2)	L	23.00
			M	69.00
			H	4.10

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a la tabla N° 22, en el numeral 19 “Desprendimientos de Agregados” representa severidad media (M) y baja (L) en toda la unidad de muestra y en todo el recorrido de la vía de la avenida San Remo.

Mediante el resumen del párrafo anterior, se infiere que la carpeta asfáltica tiene falla de “Desprendimientos de Agregados” de severidad media (M), para lo cual con el propósito de amenorar este deterioro, se propone la aplicación del micropavimentos de un espesor de 10 mm, por ende, este detrimento será menguado y se extenderá la vida útil de la carpeta asfáltica hasta por más de 07 años.

Diseño de micropavimento asfáltico en frío – MPAF: Para avalar un apropiado tratamiento de la carpeta asfáltica de vías de transporte urbano con crecimiento exponencial en ciudades en sendas de desarrollo, es necesario considerar tecnologías adecuadas y sobre todo el proceso articulado de revestimiento de la carpeta asfáltica; de acuerdo al levantamiento de información en campo y corolarios logrados del procesamiento de información de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, la carpeta asfáltica presenta fallas de serviciabilidad con deterioro moderado, como desprendimiento de agregados y presencia de fisuras, en atención a lo cual, se ha diseñado micropavimento asfáltico en frío – MPAF, bajo los lineamientos de la International Slurry Surfacing Association – ISSA A 14, "Guía recomendada de cumplimiento para micropavimentos" (Recommended Performance Guidelines for Microsurfacing) y ASTM (American Society for Testing and Materials), ASTM 6372; en consecuencia se ha considerado lo siguiente:

- ❖ Materiales selectos y de alta calidad, como: agregado obtenido en cantera mediante trituración por impacto y cada partícula de arena chancada de forma cúbica y emulsión asfáltica de rotura controlada CQS – 1HP.
- ❖ Pruebas y ensayos de materiales en laboratorios especializados en geotecnia y asfaltos.
- ❖ Análisis de resultados de diseño de micropavimentos, y esto a su vez como propuesta técnica para la aplicación en carpeta asfáltica de vías de transporte urbano con deterioro moderado, como desprendimiento de agregados pétreos y fisuraciones, por empresas especializadas en infraestructura vial, autoridades locales, investigadores y personas interesadas en el rubro de carreteras.

En la guía de ISSA A 143, sugiere que las tasas de aplicación deben de ser según la ubicación geográfica, tipo de tráfico y condición de la carpeta asfáltica. La vía en estudio pertenece al Tipo II. El mortero de micropavimentos sirve como revestimiento, debido que protege el envejecimiento y daños por efecto del agua u otro líquido, evita la desintegración de los agregados y mejora la fricción superficial.

Tabla N° 23: Tasa de aplicación para micropavimentos

TIPO DE AGREGADO	UBICACIÓN	TASA DE APLICACIÓN SUGERIDA
Tipo II	Vías urbanas y residenciales, pistas de aeropuerto	10 - 20 lb/yd ² - (5.4 - 10.8 kg/m ²)

Fuentes: ISSA, “Recommended Performance Guidelines for Microsurfacing” - ISSA A 143, 2005. p. 7.

Según (Ortiz Palomino, 2014 p. 32), La tasa de aplicación sugerida están basadas en el peso del agregado seco en mezcla. Las tasas de aplicación están afectadas por el peso unitario del agregado, la granulometría del agregado y demanda de la superficie.

Mengmei, L., Sen, H. y otros (2019) “Construction and Building Materials 214, 93 – 100”, sostienen que, como resultado la micro textura de los agregados queda enmascarada por una película de aglutinante de betún durante los iniciales dos años de vida del pavimento, entonces el proceso de uso se relaciona con las propiedades físico y mecánico del aglomerante asfáltico principalmente.

Selección de materiales: Agregados y Emulsión asfáltica de rotura controlada CQS – 1HP.

Agregados: El agregado seleccionado proviene de la cantera Crushing, que se halla en el distrito de Lurín; la obtención ha sido mediante trituración por impacto hasta obtener arena chancada de forma cúbica con granulometría adecuada para Tipo M-II, donde el tamaño máximo de cada partícula no debe ser mayor a 3/8”, para lo cual se ha realizado ensayos establecidos por MTC / EG – 2013, lo siguiente:

- ❖ Granulometría de agregados, según MTC / EG – 2013

Tabla N° 24: Granulometría de agregado pétreo para Tipo M - II

TAMICES		BANDAS GRANULOMÉTRICAS PORCENTAJE EN PESO QUE PASA, %
(mm)	(ASTM)	TIPO M-II
10,0	(3/8")	100
5,0	(N.º 4)	85-95
2,5	(N.º 8)	62-80
1,25	(N.º 16)	45-65
0,63	(N.º 30)	30-50
0,315	(N.º 50)	18-35
0,16	(N.º 100)	10-24
0,08	(N.º 200)	05-15

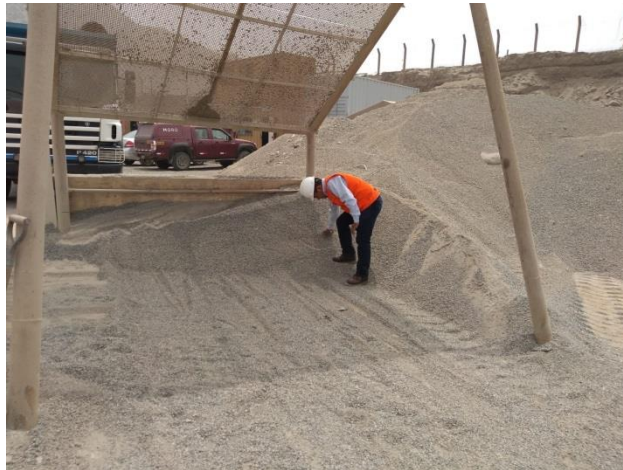
Fuente: Adaptado de MTC / EG – 2013, p. 644.

Gráfico N° 12: Triturado por impacto de piedra chancada para micropavimento



Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico N° 13: Zarandeo de arena chancada para micropavimento



Fuente: Elaboración Propia.

Por consiguiente, se ha realizado estudios de dimensión de partículas de arena chancada por cernido de acuerdo a las mallas establecidas, según los siguientes procedimientos:

- Material: Arena chancada.
- Equipo: Horno termogradoable, balanza de torsión con cabida de 1 kg y 0.1 g de exactitud, juego de mallas o tamices N° 4, 8 16, 30, 50, 100 y 200, charola de fondo con tapa, charola de lámina galvanizada, brocha de cerda, cepillo de alambre y agitador mecánico de mallas.
- Procedimiento:
 - ✓ Selección de muestra de arena chancada triturada de forma cúbica, es limpia y libre de partículas extrañas no mineralógicas.
 - ✓ Secado de arena chancada en el horno a temperatura promedio de $110^{\circ} \text{C} \pm 5$ por suficiente tiempo hasta alcanzar aglomeración invariable; para luego ser enfriado a temperatura ambiente.
 - ✓ Tamizado de agregado de acuerdo a las mallas (de mayor a menor) hasta lograr retenido en cada tamiz de acuerdo al tamaño de cada partícula.
 - ✓ Recuperación de agregado en cada tamiz, en forma manual muy

cuidadosamente para luego ser pesados y ser registrado en forma independiente en la ficha de observación.

Gráfico N° 14: Arena chancada para micropavimento



Fuente: Elaboración Propia.

- Resultados obtenidos: El análisis granulométrico por tamizado fue realizado mediante la norma ASTM C 136 y MTC E 204, lo siguiente:

Tabla N° 25: Análisis granulométrico de partículas de agregado por tamizado

TAMICES		TIPO II	PESO RETENIDO	PORCENTAJE			CURVA
(mm)	ASTM			RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA	
9.53	3/8"	100				100	100
6.30	1/4"						
4.76	N° 4	85-95	134.9	12.3	12.3	87.7	87.7
2.36	N° 8	62-80	257.4	23.4	35.7	64.3	64.3
2.00	N° 10						
1.18	N° 16	45-65	164.9	15	50.7	49.3	49.3
0.85	N° 30	30-50	118.6	10.8	61.5	38.5	38.5
0.43	N° 40						
0.30	N° 50	18-35	154.6	14.1	75.6	24.4	24.4
0.18	N° 80						
0.15	N° 100	10-24	107.2	9.8	85.3	14.7	14.7
0.08	N° 200	5-15	68.4	6.2	91.5	8.5	8.5
	< 200		92.9	8.5	100		

Fuente: Elaboración Propia.

Descripción de la muestra:

- Peso total: 14645 g
- Peso lavado: 1315.5 g
- Tamaño máximo: 3/8"

Según la tabla antecedente, los agregados plasman con los requisitos mínimos de gradación para tipo II de la ISSA, "Recommended Performance Guidelines for Microsurfacing" - ISSA A 143.

Gráfico N° 15: Tamizado de arena chancada



Fuente: Elaboración Propia.

- ❖ Ensayo de agregados, según las recomendaciones del MTC / EG – 2013, (Tabla 425-02), p. 644,
- Ensayo de partículas fracturadas

Este ensayo tiene por intento de fijar el porcentaje de peso de una determinada muestra de agregado que tiene varias caras que fueron logrado mediante trituración por impacto hasta tomar forma cúbica, estas partículas han cumplido con la granulometría correspondiente al tipo II y su exigencia es al 100% según MTC E 210, para micropavimentos no es necesario realizar debido que los agregados han sido fracturados por impacto a tamaños menores a 10 mm en su totalidad al 100%.

Tabla N° 26: Requerimiento para solicitudes de agregados (relación de peso tamaño)

Tamaño nominal máximo abertura cuadrada		Masa mínima de la muestra de prueba	
mm	in	g	lb
9.5	3/8	200	0.5
12.5	1/2	500	1
19.0	3/4	1500	3
25.0	1	3000	6.5
37.5	1 1/2	7500	16.5
50.0	2	15 000	33
63.0	2 1/2	30 000	66
75.0	3	60 000	132
90.0	3 1/2	90 000	198

Fuente: ASTM D 5821.

- ✓ Material: Piedra chancada promedio 10 kg
- ✓ Equipo: Balanza de precisión de 5 kg, tamices, partidor de muestra, espátula, brocha y charola.
- Procedimiento:
 - ✓ Lavado de muestra de acuerdo al tamiz, revolviendo los finos, conseguido la eliminación de los finos se procede secado a temperatura de 110° C.
 - ✓ Cribado de la muestra a ensayar por la malla N° 4 (las mallas deben de estar de mayor a menor).
 - ✓ Se determina la masa con un error de 0.1%, la revisión de cara fracturada se hace en forma visual y es manipulando con el propósito de establecer que cada partícula cumpla en tener forma cúbica.
 - ✓ El peso y porcentaje de cada muestra es determinado de acuerdo al cernido de cada malla y el peso promedio es de acuerdo a la masa de cada uno de los porcentajes obtenidos.

➤ Ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio

El presente ensayo tiene por fin establecer la resistencia de los agregados a la disgregación mediante la acción de soluciones atiborradas de sulfato de sodio o magnesio, por consiguiente, la muestra ensayada ha sido desecada en el horno a temperatura promedio de 110° C con el propósito de deshidratar la sal que pueda existir en los poros del agregado. El resultado de este método brinda información para determinar calidad del agregado que van estar sometido a las cargas, condiciones climatológicas e intemperismo; de tal forma el presente ensayo ha cumplido las exigencias mínimas de la NTP 400.016 y granulometría estandarizada por NTP 350.001, según los siguientes procedimientos:

- ✓ Material: Arena chancada promedio 5 kg.
 - ✓ Equipo: Tamices con aberturas cuadradas, balanza de 5 kg de alta precisión a 1 g., partidore de muestra, espátula, brocha, charola, horno y accesorios menores.
 - ✓ Solución: Sulfato de magnesio químicamente pura; esta solución ha sido disuelto en agua a temperatura promedio de 25° C, con el propósito de asegurar la saturación se ha graduado la dosificación de los componentes químicos de acuerdo a las muestras establecidas.
- Procedimiento:
- ✓ Cribado de la muestra a ensayar por la malla N° 4, las mallas deben de estar de mayor a menor.
 - ✓ Inmersión de las muestras; para lo cual se ha usado soluciones cinco veces superior al volumen de la muestra a ensayar, esta sumersión se ha realizado por periodo de 24 horas, en este proceso de mezclado se ha hermetizado con el propósito de atenuar la evaporación, para lo cual la temperatura ambiente debe de estar en promedio de 21° C.
 - ✓ Una vez completado el proceso de inmersión, el agregado ha sido decantado con el designio de separar la solución en periodo estimado de 20 minutos; para luego ser desecado en horno a temperatura promedio de 110° C, donde se obtuvo un peso constante. Es recomendable realizar más pruebas durante el secado de por lo menos con dos muestras.

- ✓ Logrado el peso invariable, se ha enfriado a temperatura ambiente para realizar inmersión con la solución; luego se realizó el lavado de muestra con mucho cuidado con el propósito de que no sufra alteración de abrasión las muestras ensayadas. Estos ensayos de inmersión se ha realizado hasta completar lo mínimo requerido.
- ✓ Resultado obtenido cumple con lo requerido para tipo II – MTC E 209, donde la exigencia es 12% como máximo.

Tabla N° 27: Ensayo de durabilidad de sulfato de magnesio

ENSAYO	NORMA	EXIGENCIA	RESULTADO
DURABILIDAD DE SULFATO DE MAGNESIO	MTC E 209	Máximo 12%	3.20%

Fuente: MTL Geotecnia 2019.

Gráfico N° 16: Ensayo de durabilidad mediante sulfato de magnesio



Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico N° 17: Secado de agregado para ensayo de durabilidad



Fuente: Elaboración Propia.

➤ Ensayo de desgaste de los ángeles

El presente ensayo tiene por objeto fijar el porcentaje de desgaste, degradación, impacto y trituración del agregado mineral durante el proceso de producción, colocación y compactación en obra de pavimentos; para lo cual se ha realizado en tambor de acero adecuado llamado máquina de los ángeles, es una prueba sometida a esfuerzo y deformación, de acuerdo al tipo de agregado menor (37,5 mm / 1 1/2") o agregado mayor (19 mm / 3/4"), según los siguientes procedimientos:

- ✓ Material: Piedra chancada promedio 15 kg agregado menor o igual a 37,5 mm / 1 1/2", con el designio de determinar la real dimensión de resistencia a impacto y abrasión.
- ✓ Equipo: Máquina de desgata de los ángeles, tamices de diferentes dimensiones, esferas de acero, horno de precisión, balanza sensible de 1 kg, cucharon, charola, espátula y brocha.

Tabla N° 28: Gradación de agregado por tamiz para agregado menor o igual a 37,5 mm

METODO		A	B	C	D
DIÁMETRO		CANTIDAD DE MATERIAL A EMPLEAR (gr)			
Pasa el tamiz	Retenido en tamiz				
1 ½"	1"	1 250±25			
1"	¾"	1 250±25			
¾"	½"	1 250±10	2 500±10		
½"	3/8"	1 250±10	2 500±10		
3/8"	¼"			2 500±10	
¼"	N°4			2 500±10	
N°4	N°8				5 000±10
PESO TOTAL		5 000±10	5 000±10	5 000±10	5 000±10
N° de esferas		12	11	8	6
N° de revoluciones		500	500	500	500
Tiempo de rotación (minutos)		15	15	15	15

Fuente: ASTM C 131.

➤ Procedimiento:

- ✓ Selección de muestra de agregado en cantidades establecidas de acuerdo al método y tamiz (para micropavimento es piedra chancada antes de ser convertida en arena chancada, para luego ser triturada de forma cúbica), es lavada, limpia y libre de partículas orgánicas, la muestra ha sido secada en horno a temperatura promedio de 110° C, y luego han sido pesados en una balanza de precisión con mínimo error.
- ✓ Cada muestra de tamiz ha sido introducido a la artilugio de los ángeles con sus respectivas canicas de acero, para el presente ensayo se tomó muestra de 2,5 kg con 06 esferas. Antes de ser cerrada la tapa de la maquina se ha tomado las previsiones en revisar y hermetizar completamente con la intención de que el polvo no se esparza en el ambiente; hermetizado y asegurada la máquina, se procedió a programar 500 ciclos de revolución a una velocidad constante.
- ✓ Finalizado los ciclos de revolución se procedió en realizar tamizado por la malla N° 12 con el propósito de separar los finos de los gruesos. El agregado que queda en la malla N° 12 ha sido lavado y desecado a temperatura promedio de 110° C, en seguida fue pesado en balanza de precisión de 1 g.

- ✓ Resultado obtenido, cumple con lo requerido para tipo II – MTC E 207, donde la exigencia es de 25% como máximo.

Tabla N° 29: Ensayo de desgaste de los ángeles

ENSAYO	NORMA	EXIGENCIA	RESULTADO
DESGASTE DE LOS ÁNGELES	MTC E 207	Máximo 25%	24.10%

Fuente: MTL Geotecnia 2019.

Gráfico N° 18: Agregado para ser sometido a ensayo de desgaste



Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico N° 19: Máquina de los ángeles para ensayos de desgaste



Fuente: Elaboración Propia.

➤ Ensayo de equivalente de arena

El presente ensayo tiene por objeto establecer el contenido de polvo fino pernicioso en los agregados, ha cumplido con lo determinado por el MTC E 114 y tolerancia mínima de 60%; mediante este procedimiento se determina un valor empírico de cantidad relativa de finos, con la adición de solución floculante a la muestra, y esta mezcla es revuelto y agitado en tubo de ensayo tipo cilíndrico graduado hasta obtener homogeneidad, según los siguientes procedimientos:

- ✓ Material: Arena chancada promedio 1.5 kg
- ✓ Solución tipo cloruro de calcio CaCl_2 : 454 g de cloruro de calcio anhídrido, 1640 ml de glicerina pura y 45 ml de formaldehído en solución de 40% de volumen y agua destilada; esta solución ha sido diluida en agua desmineralizada hasta obtener solución promedio de 3.7.
- ✓ Equipo: Embace cilíndrico graduado transparente con tapa: diámetro de 3.5 cm, altura de 45 cm (medidas estimadas), agitador adecuada para mezcla, tubos de ensayo de plástico graduado en medidas menores, embaces de plástico, regla metica graduada, reloj y embuto.

➤ Procedimiento:

- ✓ Selección de muestra de agregado promedio de 1500 g (arena chancada triturada de forma cúbica), es limpia y libre de partículas orgánicas.
- ✓ Distribución de solución en cuatro muestras de tubo.
- ✓ Separación de las cuatro muestras para ser introducidos en los tubos de muestra; se libera completamente las burbujas de aire hasta obtener mezcla homogénea.
- ✓ Se dejó reposar por periodo de 12 minutos dentro del tubo de ensayo, para soltar el material al fondo de la probeta.
- ✓ Se agita el tubo, inmediatamente se satura con agua para dejar reposar por el doble del tiempo que el primer reposo; el resultado obtenido fue de 67.0%, valor es superior a lo requerido según el MTC E 114.

Tabla N° 30: Ensayo de equivalente de arena

ENSAYO	NORMA	EXIGENCIA	RESULTADO
EQUIVALENTE DE ARENA	MTC E 114	Mínimo 60%	67.0%

Fuente: TDM 2019.

Gráfico N° 20: Ensayo de equivalente de arena



Fuente: Elaboración Propia.

➤ Ensayo de azul de metileno

El presente ensayo tiene por esencia fijar la cantidad de material latente nocivo y reactividad de los agregados finos, compatibilidad con la emulsión asfáltica y tipo de retardador; debe de cumplir con lo señalado por la AASHTO TP 57 e ISSA TB – 145 y tolerancia máxima de 8%, según los siguientes procedimientos:

- ✓ Material: Arena chancada promedio 1 kg que haya sido tamizada por la malla N° 200, el agregado es desecación en horno a temperatura promedio de 110° C.
- ✓ Solución: Azul de metileno grado reactivo ($C_{16}H_{18}ClN_3S \cdot 3H_2O$), esta solución debe de estar protegido en embase especial que impida paso de luz, ser almacenada a temperatura ambiente y oscuro, para luego ser mezclado con el agua destilada o desmineralizada.
- ✓ Equipo: Balanza de precisión con capacidad mínima desde 1 kg a 0.01 g, tamiz N° 200, espátula, bureta, vaso, agitador, varilla de vidrio, reloj, matraz volumétrico, horno con capacidad de 110° C, papel filtro, soporte universal y pinza para soporte.

➤ Procedimiento:

- ✓ Selección de muestra de agregado promedio de 10 g. (arena chancada triturada de forma cúbica y libre de humedad), es limpia y libre de partículas emponzoñadas, se pasa por tamizado N° 200, esta muestra es colocada en una probeta graduada.
- ✓ Se adiciona a la probeta (con muestra) agua desmineralizada de 30 ml, se agita y bate hasta obtener mezcla homogénea o lechada. A esta mezcla se agrega con la bureta solución de azul de metileno cantidad de 1 g de grado reactivo. Luego se separa una porción mínima (una gota) de la mezcla ensayada con el agitador se deja caer sobre el papel filtro procurando que forme una aureola de color azul; este proceso se repite varias veces incrementando en cada uno 50% de solución de azul de metileno. Este proceso se ha repetido por periodo de cinco minutos hasta obtener resultado exigido según la AASHTO TP 57, como máximo de 8 mg/g

Tabla N° 31: Ensayo de azul de metileno

ENSAYO	NORMA	EXIGENCIA	RESULTADO
AZUL DE METILENO	AASHTO TP 57	Máximo 8.0 mg/g	6.0 mg/g

Fuente: TDM 2019.

Gráfico N° 21: Ensayo de azul de metileno



Fuente: Elaboración Propia.

➤ Ensayo de adherencia Riedel - Weber

El presente ensayo tiene por objeto comprobar la adhesividad la emulsión asfáltica con el agregado triturado, mediante soluciones de carbonato sódico que tenga una concentración molar creciente; este método puede ser usado en todo tipo de ligante asfáltico, pero para los micropavimentos debe de cumplir MTC E 220, según los siguientes procedimientos:

- ✓ Material: Arena chancada promedio 1.5 kg y emulsión asfáltica
 - ✓ Solución: Carbonato sódico de concentración molar creciente (Na_2CO_3), y agua desmineralizada, tipo cloruro de calcio CaCl_2 : 454 g de cloruro de calcio anhídrido, 1640 ml de glicerina pura y 45 ml de formaldehído en solución de 40% de volumen; esta solución es diluida en agua desmineralizada hasta obtener una solución promedio de 3.7.
 - ✓ Equipo: Tamices, balanza de precisión de 500 g, estufa de ventilación forzada de temperatura promedio de 145°C , tubos de ensayo graduado, cuarteador, espátula charola y brocha.
- Procedimiento:
- ✓ Selección de muestra de agregado promedio de 200 g (arena chancada triturada de forma cúbica), limpia y libre de partículas extrañas. Las muestras pasan por los tamices N° 30 y 70; la arena que pasa por el tamiz N° 70 es desechado y solo se considera al agregado retenido en el tamiz N° 30.
 - ✓ Lavado integral de la muestra retenida con el propósito de eliminar polvo, luego es secado en una estufa a temperatura promedio de 145°C por periodo de 1 hora o hasta conseguir masa constante.
 - ✓ Teniendo el agregado que ha cumplido las características mínimas, se procede a realizar el mortero con la emulsión asfáltica, el mezclado es en volúmenes de 71 para agregado y 95 para emulsión al 50% a temperatura ambiente. En esta mezcla si se observa que la viscosidad cumple con lo requerido, se procede a calentar para luego ser agitado a temperatura análoga y conseguir homogeneidad en tubos de ensayo; luego se depone a entibiar a temperatura ambiente por periodo de una hora.

- ✓ Conseguida la viscosidad de la mezcla, se procede a pesar las 11 mezclas en porciones de 0.50 g con aproximación de 0.01 g, cada muestra debe de ser introducido en los tubos de ensayo y hacer rotulado respectivo de cada tubo iniciando por el 0. En el tubo 0 se agrega agua desmineralizada en volumen de 6 cm³, se hace marcado en el nivel que alcanza.
- ✓ El tubo de ensayo es calentado con mechero hasta conseguir la ebullición del agua por periodo promedio de un minuto, si se observa que en la ebullición el agua se ha evaporado, se añade agua hasta el nivel de la marca, para prontamente ser agitado en forma manual por periodo de diez segundos. Se observa la nueva mezcla con el propósito de determinar el desplazamiento del ligante con el agregado (incluso manipular con la mano el agregado y el ligante con la intención de crear la separación), si el desplazamiento es parcial se considera que la cohesión del índice de adhesividad de Riedel Weber cumple en alguna medida de acuerdo a la escala establecida; pero si no existe desplazamiento, se considera que la cohesión del índice de adhesividad de Riedel Weber está en la escala de 10, para el presente ensayo se consiguió un resultado de 7.

➤ Ensayo de adherencia por método estático

El presente ensayo tiene por objeto determinar el recubrimiento y el procedimiento se hace mediante la inmersión estática de adherencia de la emulsión asfáltica con la arena chancada, en presencia de agua; este ensayo ha cumplido con lo establecido por ASTM D 1664, según los siguientes procedimientos:

- ✓ Material: Arena chancada promedio 1.5 kg y emulsión asfáltica
 - ✓ Solución: agua desmineralizada
 - ✓ Equipo: Balanza de precisión de 500 g, horno termogradoable, tamices, mechero, lámpara con ampolla esmerilada de 75 W, charola, tubos de ensayo graduado, cuarteador, espátula y brocha.
- Procedimiento:

- ✓ Selección de muestra de agregado promedio de 100 g (arena chancada triturada de forma cúbica), limpia y libre de partículas extrañas que puedan contaminar. Esta muestra ha pasado por el cedazo N° 3/8” y retenido por el tamiz N° 4”;
- ✓ Teniendo el agregado que ha cumplido las características mínimas, se procedió a realizar mezcla con la emulsión asfáltica en proporciones adecuadas, el mezclado fue promedio de 2 minutos mediante una espátula. Luego se calienta la mezcla (especímenes) en el mechero el tiempo necesario con el intento de lograr adherencia y sin exceder la terciana para el curado. Luego se provino con el curado en el horno a temperatura promedio de 60° C, por espacio de 2 horas, cumplido el tiempo se procede a retirar con el fin de enfriar a temperatura ambiente.
- ✓ El espécimen es sumergido en una probeta de capacidad de 600 cm³ con agua desmineralizada de 400 cm³ a temperatura ambiente por 18 horas, donde se logró una adherencia > 95%.

❖ Ensayo de análisis de agua

Es el factor fundamental que establece la humedad de la mezcla y la cantidad dependerá de la humedad del agregado. Generalmente será el 10 % en relación al peso huraño del agregado, deberá ser de preferencia potable y no debe contener sólidos en suspensión (*Toscano Luis, 2014, p. 30*).

El presente ensayo tiene por objeto determinar el pH y dureza del agua, la procedencia es potable. El agua es el componente que determina la consistencia de la mezcla, debe de ser blanda, libre de materiales álcalis (minerales como calcio y magnesio) o agentes contaminantes y sustancias deletéreas; el pH debe de cumplir las normas NTP 339.072, NTP 339.073 y NTP 339.074, para el presente ensayo, se usó agua potable que suministra SEDAPAL y como muestra se tomó 1 litro, teniendo los siguientes resultados:

Tabla N° 32: Ensayos mínimos requeridos del agua

PROCEDENCIA	ESPECIFICACIÓN		RESULTADOS	
POTABLE	PH	DUREZA	PH	DUREZA
	5.5 – 8.0	MÁXIMO 380 ppm	7. 70	295 ppm

Fuente: TDM 2019.

❖ Ensayo de emulsión asfáltica de rotura controlada CQS – 1HP, según Tabla N° 19, los mínimos requeridos para diseño de micropavimentos en frío para tipo M-II, son los siguientes:

➤ Ensayo de viscosidad Saybolt Furol (25° C) (sSf)

El presente ensayo tiene por esencia comprobar en forma empírica los procedimientos de viscosidad Saybolt Furol de productos derivados de petróleo a temperaturas determinadas, debe de cumplir con las exigencias de la tabla 415 - 04 A, del MTC / EG – 2013, p. 476. Este ensayo es recomendado para derivados de petróleo que tienen viscosidad mayor a 1000 s (Saybolt Universal), donde la temperatura de viscosidad se determina con termómetros ASTM D-88, viscosidades Saybolt.

Tabla N° 33: Termómetros ASTM para Viscosidades Saybolt

ASTM Temperatura Normal de ensaye	Viscosidad Saybolt Rango de temperatura	Termómetros	
		Subdivisiones	Termómetros ASTM
°C	°C	°C	°C
21,1	19 - 27	0,1	17C
25	19 - 27	0,1	17C
37,8	34 - 42	0,1	18C
50	49 - 57	0,1	19C
54,4	49 - 57	0,1	19C
60	57 - 65	0,1	20C
82,2	79 - 87	0,1	21C
98,9	95 - 103	0,1	22C

Fuente: ASTM D-88.

Los resultados obtenidos de las marcas CAH Contratistas Generales S.A. y Grupo TDM Asfaltos, son los siguientes:

Tabla N° 34: Ensayo de Viscosidad Saybolt Furol (25° C) (sSf)

EMPRESA	MÉTODO ASTM	UNIDADES	ESPECIFICACIONES		RESULTADOS
			MÍNIMO	MÁXIMO	
CAH CONTRATISTAS GENERALES S.A.	D 7496	SSF	20	100	28
GRUPO TDM ASFALTO	D 7496	SSF	20	100	43

Fuente: Elaboración Propia.

➤ Residuo por evaporación

El presente ensayo tiene por objeto fijar el porcentaje de residuo asfáltico mediante evaporación temperatura promedio de 163° C, el porcentaje de residuo (pesado) que queda mediante la evaporación de agua es la que determina su calidad. Los resultados obtenidos de las marcas CAH Contratistas Generales S.A. y Grupo TDM Asfaltos, son los siguientes:

Tabla N° 35: Ensayo de Residuo por evaporación

EMPRESA	MÉTODO ASTM	UNIDADES	ESPECIFICACIONES		RESULTADOS
			MÍNIMO	MÁXIMO	
CAH CONTRATISTAS GENERALES S.A.	D 6934	%	62	--	62.5
GRUPO TDM ASFALTO	D 6934	%	62	--	62.5

Fuente: Elaboración Propia.

➤ Ensayo de sedimentación (7 días)

El presente ensayo tiene por esencia establecer sedimentación en las emulsiones asfálticas, donde se valora el almacenamiento que produce las emulsiones asfálticas. Se vierte una muestra de 500 ml en una probeta a fin de hermetizar por periodo de 7 días, para luego ser analizados en un sifón de 55 ml de la parte superior. Luego se introduce en el horno a temperatura promedio de 163° C por periodo de tres horas. Los resultados obtenidos de las marcas CAH Contratistas Generales S.A. y Grupo TDM Asfaltos, son los siguientes:

Tabla N° 36: Ensayo de sedimentación por 7 días

EMPRESA	MÉTODO ASTM	UNIDADES	ESPECIFICACIONES		RESULTADOS
			MÍNIMO	MÁXIMO	
CAH CONTRATISTAS GENERALES S.A.	D 6930	%	--	5	4.1
GRUPO TDM ASFALTO	D 6930	%	--	5	0.3

Fuente: Elaboración Propia.

➤ Prueba del tamiz N° 20

La presente prueba tiene la intención de establecer retenido en la malla N° 20 la emulsión asfáltica; donde se identifica el contenido de glóbulos del asfalto aparentemente grande. Consiste en forjar pasar la emulsión asfáltica por el tamiz N° 20 con el intento de cuantificar el porcentaje del asfalto retenido. Los resultados obtenidos de las marcas CAH Contratistas Generales S.A. y Grupo TDM Asfaltos, son los siguientes:

Tabla N° 37: Prueba de tamiz N° 20

EMPRESA	MÉTODO ASTM	UNIDADES	ESPECIFICACIONES		RESULTADOS
			MÍNIMO	MÁXIMO	
CAH CONTRATISTAS GENERALES S.A.	D 6933	%	--	0.1	0.02
GRUPO TDM ASFALTO	D 6933	%	--	0.1	0.00

Fuente: Elaboración Propia.

➤ Carga de partícula

El presente ensayo tiene por esencia fijar la polaridad, si es aniónica es de carga negativa o si es catiónica de carga positiva. El ensayo está fundado en la identificación de carga eléctrica (sea positiva o negativa) de las partículas de la emulsión asfáltica, cuya fuente de alimentación es la corriente continua (CC), por esa razón se sumerge la emulsión asfáltica a unos electrodos energizados, por un determinado tiempo; donde los electrones de las partículas negativas se identifican con el electrodo positivo; por ende, es una emulsión

aniónica. Los resultados obtenidos de las marcas CAH Contratistas Generales S.A. y Grupo TDM Asfaltos, son los siguientes:

Tabla N° 38: Prueba de carga de partícula

EMPRESA	MÉTODO ASTM	ESPECIFICACIONES		RESULTADOS
		MÍNIMO	MÁXIMO	
CAH CONTRATISTAS GENERALES S.A.	D 7402	POSITIVA		POSITIVA
GRUPO TDM ASFALTO	D 7402	POSITIVA		POSITIVA

Fuente: Elaboración Propia.

➤ Penetración, 25° C, 100 g, 5 s, 0.1 mm

La prueba de penetración tiene por objeto determinar el parámetro de consistencia de la emulsión asfáltica, por ende, se determina el grado (profundidad) de penetración del residuo asfáltico. Es una medida de dureza a una determinada temperatura ambiente de 25° C con una aguja estandarizada, mediante presión de carga de 100 gramos en periodo de cinco segundos; sin embargo, y si amerita realizar más pruebas se debe de someter a diferentes cargas y temperaturas. Los resultados obtenidos de las marcas CAH Contratistas Generales S.A. y Grupo TDM Asfaltos, son los siguientes:

Tabla N° 39: Prueba de penetración

EMPRESA	MÉTODO ASTM	UNIDADES	ESPECIFICACIONES		RESULTADOS
			MÍNIMO	MÁXIMO	
CAH CONTRATISTAS GENERALES S.A.	D 5	dmm	50	90	50
GRUPO TDM ASFALTO	D 5	dmm	50	90	57

Fuente: Elaboración Propia.

➤ Ductilidad 5° C, 5 cm/m

Tiene por objeto establecer la destreza de ser estirado a temperatura baja entre 4° a 25° C y sufrir posible rotura (distancia máxima) mediante un ductilómetro; se debe de calentar la muestra fluidificada en una probeta y ser tamizado a través de la malla N° 5. Se menea el

prototipo evitando agregar burbujas de aire y se enfría a temperatura ambiente; para luego pasar por el ductilímetro por espacio de 30 minutos. Los resultados obtenidos de las marcas CAH Contratistas Generales S.A. y Grupo TDM Asfaltos, son los siguientes:

Tabla N° 40: Prueba de ductilidad

EMPRESA	MÉTODO ASTM	UNIDADES	ESPECIFICACIONES		RESULTADOS
			MÍNIMO	MÁXIMO	
CAH CONTRATISTAS GENERALES S.A.	D 113	cm	10	--	13
GRUPO TDM ASFALTO	D 113	cm	10	--	18

Fuente: Elaboración Propia.

➤ Recuperación elástica lineal 25° C, 20 cm

El ensayo de recuperación elástica lineal ductilidad, tiene por esencia establecer la recuperación de la emulsión asfáltica que ha sido sometida a un estiramiento de 20 cm en un ductilímetro a temperatura promedio de 25° C a razón de 5 cm/m en periodo de 60 minutos. Los resultados obtenidos de las marcas CAH Contratistas Generales S.A. y Grupo TDM Asfaltos, son los siguientes:

Tabla N° 41: Ensayo de recuperación elástica lineal 25° C, 20 cm

EMPRESA	MÉTODO ASTM	UNIDADES	ESPECIFICACIONES		RESULTADOS
			MÍNIMO	MÁXIMO	
CAH CONTRATISTAS GENERALES S.A.	D 6084	%	10	--	33
GRUPO TDM ASFALTO	D 6084	%	30	--	40

Fuente: Elaboración Propia.

Requerimientos mínimos para el diseño de micropavimentos en frío – MPAF, se debe de realizar en cumplimiento a la metodología de la International Slurry Surfacing Association – ISSA y el MTC / EG – 2013, en atención a lo cual se ha considerado una carpeta asfáltica con deterioro moderado con presencia de desprendimiento de agregados y fisuras.

Tabla N° 42: Requerimientos de ensayos para el diseño de micropavimentos en frío

ENSAYO	NORMA	EXIGENCIA
Consistencia	ASTM D 3910 e ISSA TB -106	2-3 cm
Cohesión húmeda (30 minutos)	ISSA TB-139	12 kg-cm mín.
Cohesión húmeda (60 minutos)	ISSA TB-139	20 kg-cm mín.
Desprendimiento	ISSA TB-114	10% max.
Abrasión húmeda (1 hora)	ISSA TB 109 y MTC E 417	538 g/m ² máx.
Abrasión húmeda (6 días)	ISSA TB 109 y MTC E 417	807 g/m ² máx.
Rueda Cargada	ISSA TB-109 y MTC E 418	538 g/m ² máx.
Desplazamiento Lateral	ISSA TB-147	5% máx.
Tiempo de Mezclado (25 ° C)	ISSA TB-113	120 s mín. controlable

Fuente: MTC / EG – 2013, p. 649.

Ensayos mecánicos de mezclas, morteros y especímenes para diseño de micropavimento asfáltico en frío; a fin de certificar el adecuado diseño de micropavimentos de tipo II (espesor de 6 a 20 mm) y luego de haber cumplido con los análisis de los agregado, emulsión asfáltica y el agua, se procede a desarrollar el cálculo teórico de contenido de residuo asfáltico (R.A.) en función a la granulometría del agregado.

- ❖ Contenido teórico de residuo asfáltico (R.A.) de la mezcla de agregados; se basa a la metodología aplicada por la International Slurry Surfacing Association – ISSA TB 106, según la siguiente formula: $% L = (S.T.A.) (t) (0.02047) (D)$; donde:

- ✓ % L = Contenido de residuo asfáltico,
- ✓ S.T.A. = Superficie teórica de la mezcla de los agregados,
- ✓ D = Peso específico del ligante asfáltico,
- ✓ Factor de conservación = 0.02057, y
- ✓ t = Espesor de la película del ligante asfáltico, para el micropavimento asfáltico en frío (MPAF) es 8 micrones

De acuerdo a los análisis y pruebas, los resultados son:

- Contenido teórico en base a la granulometría, es de: 9.30%
- Emulsión asfáltica teórica calculada, es de: 14.90%

Este método hace un estimado de contenido teórico de emulsión asfáltica para el diseño de micropavimentos; donde el área superficial se presenta hasta en tres fracciones, con el propósito de ponderar asfalto estimado, y esto envuelva el área superficial del agregado, el contenido total y las características de absorción.

➤ Ensayo de mezclado en forma manual

El presente ensayo tiene por objeto fijar la confiabilidad de compatibilidad entre el agregado y la emulsión asfáltica y los porcentajes de cada material, por ello se clasifica una cierta cantidad de muestras y dosificaciones respectivas en determinado tiempo. Para lo cual se ha cumplido con las exigencias de ISSA TB 113, por esta razón se realizó los siguientes procedimientos:

Las muestras de agua y emulsión asfáltica fueron introducidas a un recipiente con el propósito de ser mezclado hasta lograr homogeneidad por periodo de 20 segundos, para luego ser añadido el agregado y ser mezclados por 30 segundos más. Las dosificaciones cumplieron los porcentajes establecidos y sus tolerancias.

Se debe de identificar si existen partículas o líquidos libres o en caso contrario la mezcla es muy seca; si se observa estas anomalías se debe de mejorar (ajustar) los porcentajes de cualquiera de los materiales.

De los especímenes obtenidos se sacó muestras con el propósito de colocar en el papel filtro para observar y controlar su rotura. La rotura de los especímenes ha sido registrada cada cierto tiempo con la intención de observar la adhesión interna.

Gráfico N° 22: Ensayo de mezclado en forma manual



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 43: Ensayo de mezclado en forma manual

ENSAYO	MÉTODO	EXIGENCIA	RESULTADO
MEZCLADO EN FORMA MANUAL (25° C)	ISSA TB 113	Mínimo 120 s	>120 seg.

Fuente: Elaboración Propia.

➤ Ensayo de consistencia con cono de Kansas.

El presente ensayo tiene por objeto de evidenciar el contenido óptimo de agua para el diseño de la mezcla del micropavimento; para el flujo debe estar de 2 a 3 cm o hasta llegar una estabilidad recomendable. Se ha cumplido con las exigencias de ISSA TB 106, de tal forma que se realizó los siguientes procedimientos:

Se recopiló muestra de 400 g de agregado seco para ser mezclado con la emulsión asfáltica, se va adicionando agua en forma gradual hasta obtener trabajabilidad del mortero; revolver o agitar a temperatura ambiente por periodo de 30 segundos con el designio de realizar la prueba en el cono. Emanado un mortero adecuado se introdujo al cono, para luego ser retirado de forma inmediata; para lo cual, se acondicionó lámina de papel (diseñado módulos con diámetro en centímetros) según ASTM 3910.

La mezcla se introdujo sobre el cono que se encuentra sobre el papel con el propósito de determinar la fluidez del mortero.

Gráfico N° 23: Determinación de fluidez de la mezcla por cono de Kansas



Fuente: ASTM D 3910, sección 6.1.

Gráfico N° 24: Ensayo de consistencia con cono de Kansas



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 44: Ensayo de consistencia con cono de Kansas

ENSAYO	MÉTODO	EXIGENCIA	RESULTADO
CONSISTENCIA CON CONO DE KANSAS	ISSA TB 106	2 – 3 cm	3 cm

Fuente: Elaboración Propia.

➤ Ensayo de cohesión

El presente ensayo tiene por esencia precisar el torque en el proceso de rompimiento y fuerza de cohesión en un determinado periodo de tiempo, a fin de establecer el tiempo recomendable para la reapertura de tráfico; la medición de la torsión se realiza en intervalos de tiempo, el mezclado se realiza en forma manual, todo el proceso de dosificación es registrado a fin de fundar criterios. Se ha cumplido con las exigencias de ISSA TB 139, según los siguientes procedimientos:

Se realizó moldeado de especímenes en argollas para el tipo de granulometría M II; estas muestras fueron sometidas a un cohesímetro en tiempo racional. Las presiones del cohesímetro simula a un neumático de 25 PSI, en esta misma prueba simultáneamente se aplica el torquímetro formando un ángulo de 90° C.

El ensayo mide la resistencia de torsión de una muestra de mezcla, que significa 20 kg/cm en periodo de una hora, y estos resultados determinan la reapertura de tráfico.

Gráfico N° 25: Ensayo de cohesión



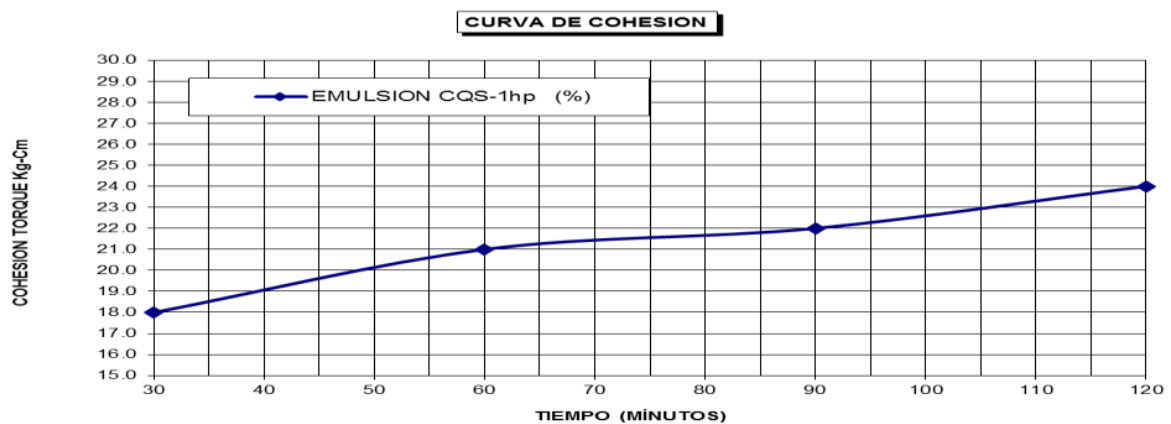
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 45: Ensayo de cohesión

ENSAYO	MÉTODO	EXIGENCIA	RESULTADO	OBSERVACIÓN
COHESIÓN	ISSA TB 139	Mínimo 30 min. 12 kg/cm	18	Cumple
		Máximo 60 min. 20 kg/cm	21	Cumple
		90 minutos	22	Cumple
		120 minutos	24	Apertura de tráfico

Fuente: TDM 2019.

Gráfico N° 26: Cohesión para apertura de tráfico vehicular



Fuente: TDM 2019.

➤ Ensayo de rueda cargada – L.W.T. (Loaded Wheel Test)

El presente ensayo tiene por objeto determinar la susceptibilidad a la acción de exudación y deformación del espécimen mediante la simulación de un neumático, donde se establece el contenido máximo de asfalto en el mortero; ha cumplido con las exigencias de ISSA TB 109 - L.W.T, donde se instituye como máximo 538 g/m²; para lo cual se ha seguido los siguientes procedimientos:

Se recopila muestra de 400 g de arena chancada, con disímiles porcentajes de emulsión asfáltica y agua; cada horma tiene un espesor máximo de tamaño del agregado.

Los moldures es cuadriforme, cuya base es igual a 1/7 de largo, es decir el largo mide promedio de 37.5 cm. Los especímenes son curados en horno a temperatura promedio de 60° C por periodo de 15 horas con la intención de obtener peso constante.

Se procede a realizar prueba de rueda cargada, simulando a un neumático con una carga de 57 kg por 1000 ciclos a temperatura ambiente, en esa simulación cada cierto tiempo se adiciona agua al espécimen. Cumplido el ciclo de simulación mediante el neumático la muestra es lavada y su posterior secado a temperatura promedio de 60° C, una vez secado es pesado a fin de fijar el primer peso (P1). Y con el propósito de obtener el otro peso se instala la arena fina de Ottawa calentada a temperatura de 82° C sobre la muestra ensayada; y a este resultado se somete otra prueba más de rueda cargada por 100 ciclos.

Concluido el proceso de los 100 ciclos, se procede con la limpieza para ser pesado a fin de obtener el segundo peso (P2); la diferencia de los dos pesos determina la cuantía de arena fina de Ottawa adherida en el espécimen.

Gráfico N° 27: Ensayo de rueda cargada – L.W.T.



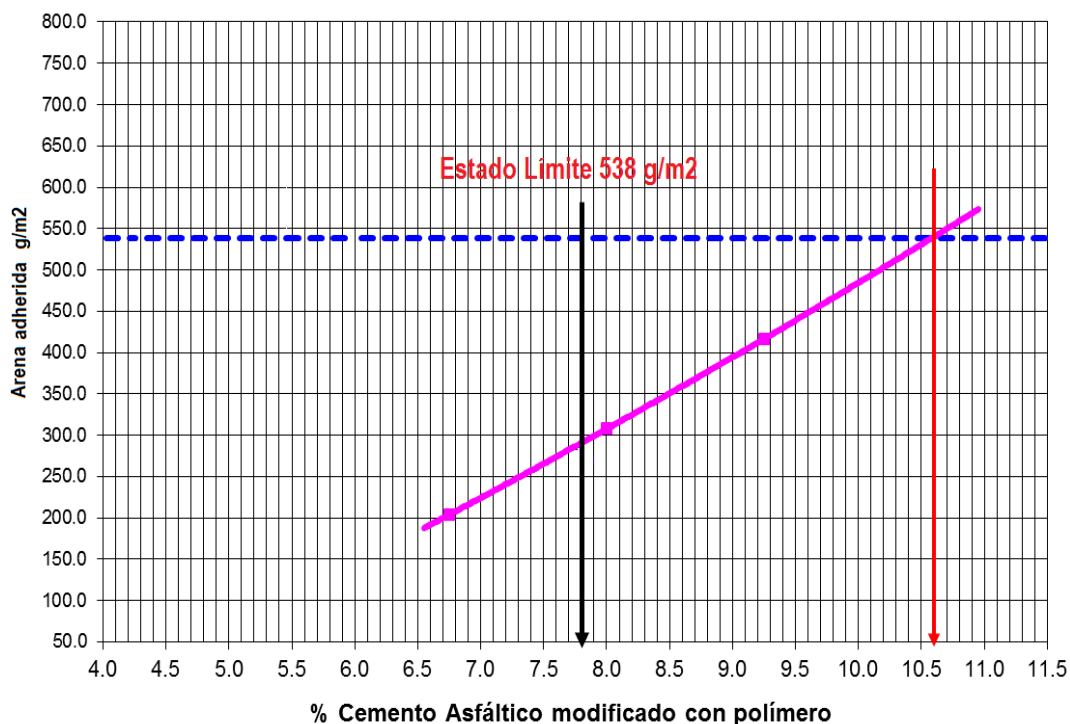
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 46: Ensayo de rueda cargada

ENSAYO	MÉTODO	EXIGENCIA	RESULTADO
RUEDA CARGADA – L.W.T.	ISSA TB 109	Máximo 538 g/m ²	380.5 g/m ²

Fuente: TDM 2019.

Gráfico N° 28: Cálculo máximo de contenido de asfalto



Fuente: TDM 2019.

➤ Ensayo de pérdida por abrasión húmeda - W.T.A.T. (Wet Track Abrasion Test)

El presente ensayo tiene la intención de fundar el desgaste por abrasión en húmedo; donde la pérdida de peso del espécimen fija la tasa de abrasión o resistencia, se determina el menoscabo de asfalto en el mortero por pérdida de agregado. Esta prueba establece el contenido mínimo de emulsión asfáltica en el mortero, por ende, la pérdida por abrasión en una hora debe de ser como máximo 538 g/m²; para lo cual se ha cumplido las exigencias mínimas de ISSA TB 100; de tal forma se ha seguido los siguientes procedimientos:

Recopilado de agregado promedio de 1000 g para ser tamizado por la malla #4; se prepara especímenes con diferentes porcentajes de emulsión asfáltica y agua; la argolla tiene diámetro de 28 cm, cumple granulometría para tipo II; las briquetas son secadas en horno a temperatura promedio de 60° C por espacio de 15 horas.

Cumplido el tiempo de secado es enfriado a temperatura ambiente para ser pesado a fin de obtener el primer peso (P1); luego se procede a anegar en agua a temperatura ambiente por curso de una hora, luego se procede a ensayar la muestra sumergida en la máquina de abrasión por periodo de 5' a temperatura ambiente.

A la muestra ensayada se repite el mismo proceso que el anterior, como lavado y enfriado a temperatura ambiente, para luego ser pesado con el propósito de obtener el segundo peso (P2). Este valor de pérdida de peso no debe ser mayor a los 538 g/m².

Las mezclas son homogéneas, el porcentaje de materiales deben de mantenerse y el tiempo no es mayor a 3'. El molde de argolla es retirado a la mitad del curado; la pérdida de muestra determina la tasa de deterioro o la resistencia a la fricción de la mezcla, y con estas evidencias se determina el contenido mínimo necesario de ligante.

Gráfico N° 29: Modelaje de especímenes para prueba de abrasión



Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico N° 30: Prueba de pérdida por abrasión húmeda - W.T.A.T.



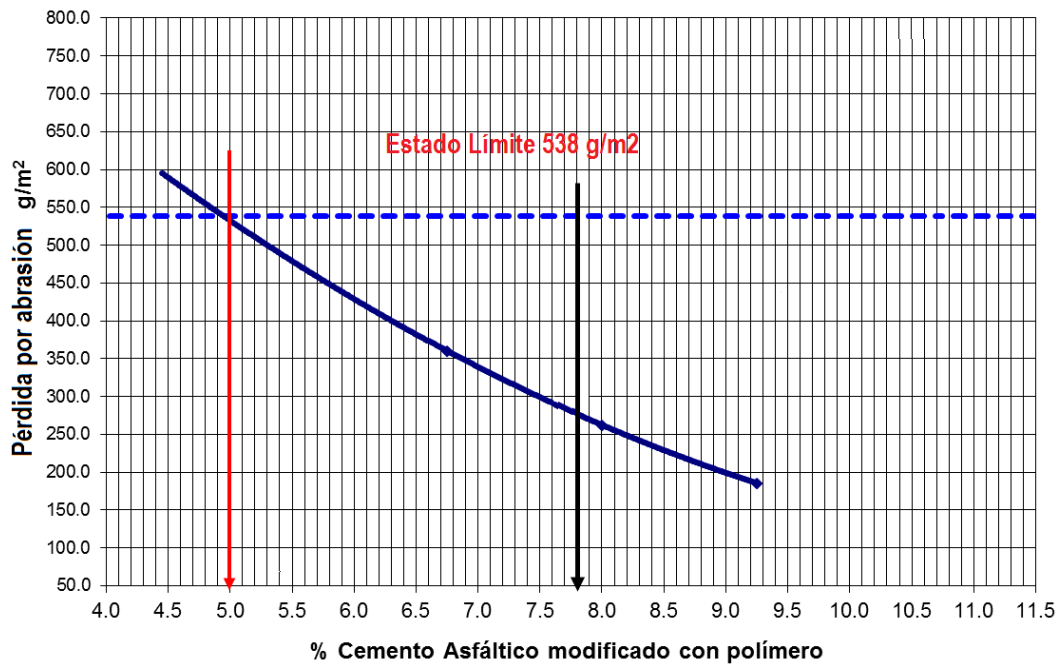
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 47: Ensayo de desgaste por abrasión húmeda

ENSAYO	MÉTODO	EXIGENCIA	RESULTADO
PÉRDIDA POR ABRASIÓN HÚMEDA – W.T.A.T.	ISSA TB 100	01 hora: Máximo 538 g/m ²	375 g/m ²
		06 días: Máximo 807 g/m ²	< 375 g/m ²

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico N° 31: Cálculo mínimo de contenido de asfalto



Fuente: TDM 2019.

- Ensayo de compatibilidad de la emulsión con el agregado fino – Schulze Breuer and Ruck

El presente ensayo tiene por objeto establecer la compatibilidad inherente entre el agregado y la emulsión asfáltica, para lo cual debe de cumplir a cabalidad las exigencias mínimas de ISSA TB 144; en atención a lo cual se ha desarrollado los siguientes procedimientos:

Los espécimen son acondicionados a temperatura ambiente de 25° C para ser sometido a la sumersión en agua por periodo de 6 días.

Consumado el tiempo de inmersión se procede a retirar el espécimen para ser introducido en un tubo con agua en el equipo de Schulze Breuer Ruck por periodo de tres horas; a fin de establecer el desgaste por abrasión en húmedo; luego a los especímenes se somete a ebullición, acabado el tiempo cocción se procede a secar, se obtiene el promedio de ocho briquetas los siguientes resultados: Absorción (4,51%), pérdida por abrasión (0.34 gramos, puntaje 4), integridad (98.93%, puntaje 4) y adhesión (pérdida de recubrimiento 3.53%, puntaje 4). Estos datos son registrados con el propósito de determinar compatibilidad de los materiales.

Tabla N° 48: Ensayo de compatibilidad de la emulsión con el agregado fino

ENSAYO	MÉTODO	EXIGENCIA	RESULTADO
COMPATIBILIDAD DE LA EMULSIÓN CON EL AGREGADO FINO – SCHULZE BREUER AND RUCK	ISSA TB 144	Mínimo 11° (AAA, BAA)	12

Fuente: TDM 2019.

Gráfico N° 32: Proceso de elaboración de briquetas para prueba de compatibilidad



Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico N° 33: Prueba de briquetas después del ensayo de abrasión



Fuente: TDM 2019.

Gráfico N° 34: Prueba de briquetas después del ensayo de cohesión



Fuente: TDM 2019.

➤ Procesamiento de datos

En cumplimiento a la International Slurry Surfacing Association – ISSA A 143 para vía de transporte urbano con carpeta asfáltica, que presentan fallas moderadas como desprendimiento de agregados y fisuras; se ha desarrollado ensayos mecánicos, como: determinación del contenido óptimo del ligante, diseño de mezcla en forma manual, desgaste por abrasión, prueba de rueda cargada, ensayo de cohesión, ensayo de compatibilidad entre el agregado y la emulsión asfáltica; donde se describe el resumen según los siguientes cuadros:

➤ Determinación del agregado

Los agregados componen entre el 82 a 90% del peso del micropavimento, excluyendo los finos minerales, para lo cual se ha registrado los resultados obtenidos de las exigencias sugeridas por la ISSA A 143, como:

Tabla N° 49: Determinación de los agregados

ENSAYO	MÉTODO	EXIGENCIA	RESULTADO	OBSERVACIÓN
Equivalente de arena	ASTM D 2419	Mínimo 60%	67.00%	Cumple
Azul de metileno	AASHTO TP 57	Máximo 8.0 mg/g	6.00 mg/g	Cumple
Peso unitario suelto	ASTM C 29	Reportar	1645 kg/m ³	Cumple
Partículas fracturadas	MTC E 210	100%	100%	Cumple
Durabilidad al sulfato de magnesio	ASTM C 88	Máximo 12%	3.20%	Cumple
Desgaste de los ángeles	MTC E 207	Máximo 25%	24.10%	Cumple
Riedel weber	MTC E 220	Mínimo 4*	07-oct	Cumple
Adherencia método estático	ASTM D 1664	Mínimo 95%	> 95	Cumple
Granulometría	TIPO II - ISSA	Máximo 3/8"	100%	Cumple

Fuente: Elaboración Propia.

Con estos resultados obtenidos en el cuadro antepuesto, se ha cumplido los procedimientos y las exigencias para el diseño del micropavimento; por ende, la emulsión asfáltica de rotura controlada CQS -1HP a usar, debe de adaptarse a los resultados del agregado, debido que es el componente básico para la determinación de durabilidad del mortero asfáltico.

Según (*Galván Luis, 2015, p. 39*), afirma que los agregados constituyen el 90% en peso en las mezclas, siendo sus propiedades de gran influencia sobre el producto terminado. Los agregados más utilizados son la piedra, grava chancada o natural, arena chancada y arena natural.

➤ Determinación de la emulsión asfáltica

Tabla N° 50: Determinación de la emulsión asfáltica

ENSAYOS SOBRE EMULSIÓN	MÉTODO ASTM	UNIDADES	ESPECIFICACIONES		RESULTADOS	OBS.
			MÍNIMO	MÁXIMO		
VISCOSIDAD SAYBOLT FUIROL 25 °C	D 7496	Ssf	20	100	28	Cumple
RESIDUO POR EVAPORACIÓN	D 6934	%	62	--	62.5	Cumple
CONTENIDO DE AGUA, % VOLUMEN	D 95	%	--	38	37.5	Cumple
SEDIMENTACIÓN, 7 DÍAS	D 6930	%	--	5	4.1	Cumple
PRUEBA DEL TAMIZ N° 20	D 6933	%	--	0.1	0.02	Cumple
CARGA DE PARTÍCULA	D 7402		POSITIVA		POSITIVA	Cumple
ENSAYOS SOBRE EL RESIDUO DE EMULSIÓN	MÉTODO ASTM	UNIDADES	ESPECIFICACIONES		RESULTADOS	OBS.
			MÍNIMO	MÁXIMO		
PENETRACIÓN, 25 °C, 100 g, 5 seg.	D 5	dmm	50	90	53	Cumple
PUNTO DE ABLANDAMIENTO	D 36	°C	45	--	59.2	Cumple
RECUPERACIÓN ELÁSTICA, 25° C, 20 cm, 1 h	D 6084	%	30	--	33	Cumple
DUCTILIDAD 5°	D 113	cm	10	--	13	Cumple

Fuente: Elaboración Propia, (CAH Contratistas Generales S.A.)

De acuerdo a los cálculos teóricos y manejabilidad del mortero, el asfalto teórico oscila en un 9.3%, emulsión teórica en un 14.9% y el aditivo (polímero CQS – 1 HP) en 1% con respecto al peso del agregado.

➤ Determinación de filler mineral

El filler, es la porción que pasa por el tamiz de 0.063 mm, desempeña papel primordial en la actuación de las mezclas bituminosas, en función a su naturaleza, con la finalidad de avalar la mansedumbre de la mezcla, optimizar la parte fina de la curva granulométrica de los agregados, pero en especial la actuación de rotura y curado del mortero asfáltico; en total de la mezcla no debe ser mayor al 2%. Para el presente

diseño de micropavimentos se ha determinado uso del cemento portland tipo I en una proporción de 0.5% con respecto al peso del agregado.

➤ Determinación del agua.

El agua es el segundo elemento de la emulsión asfáltica que comprende promedio de 98% y el principal aporte es la disolución, adherencia y humedecimiento con otras sustancias y la facilitación de reacciones químicas, debe de ser agua potable, blanda sin orgánicos, es decir casi apta para consumo humano (sin impurezas), no debe de contener iones de otros productos químicos para que no afecte el diseño de la emulsión asfáltica; el pH debe de comprender entre 5.5 a 8.0 de contenido de sulfato y su dureza no debe de ser mayor a 380 ppm. De acuerdo al cálculo teórico la proporción del agua oscila en un 10% con respecto al peso del agregado.

A fin de establecer mortero para micropavimentos, de los ensayos de agregado, emulsión asfáltica, agua, filler mineral, y el cálculo de contenido teórico de asfalto, se procede a realizar las dosificaciones en los intervalos de tolerancias establecidas según la ISSA A – 143

Tabla N° 51: Parámetros de dosificación para micropavimentos

COMPONENTE	ESPECIFICACIÓN
	FORMULA IDEAL DE DISEÑO
ASFALTO	5.5% a 9.5% por peso de agregado seco.
MINERAL DE RELLENO	0% a 3% por peso de agregado seco.
POLÍMERO MODIFICADOR	Mínimo de 3% sólido basado en peso del contenido de asfalto.
ADITIVO	Si es requerido, en porcentajes de 0.1 a 0.5 % del volumen de la emulsión.
AGUA	Si es requerido para producir una adecuada consistencia de mezcla.

Fuente: ISSA A – 143.

➤ Ensayos de dosificación de morteros de micropavimento

Para certificar una buena dosificación, se debe de partir del contenido teórico de emulsión y la trabajabilidad con el agregado, por consiguiente, como mínimo se debe de realizar tres ensayos:

Tabla N° 52: Dosificación de materiales para mortero de micropavimento

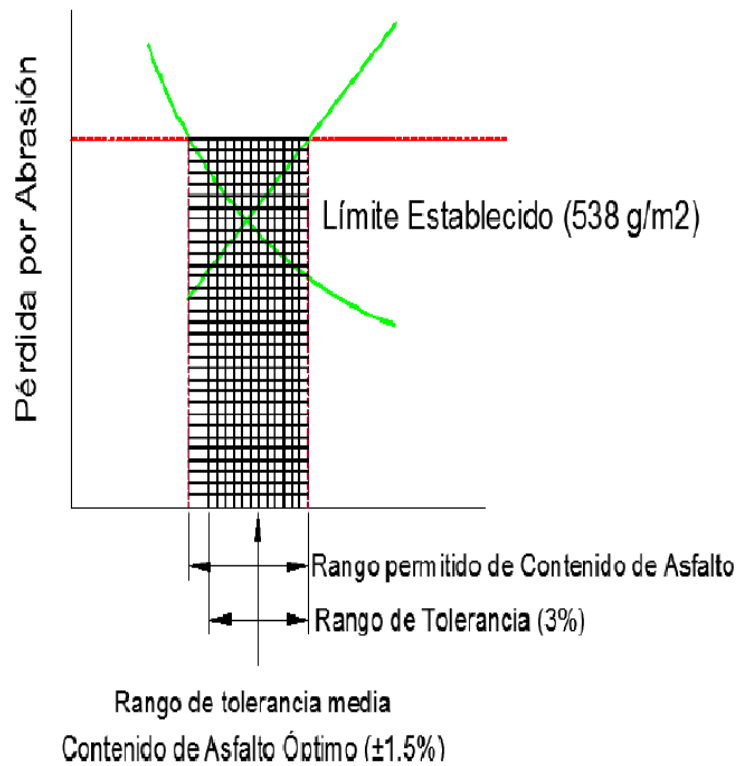
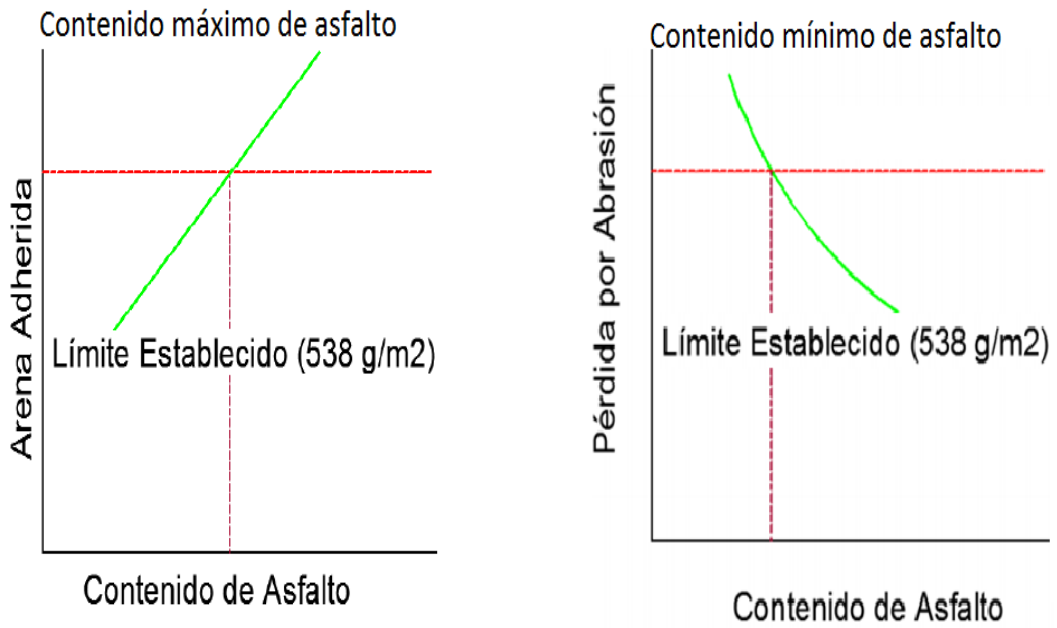
PRUEBAS	AGREGADO	CEMENTO ASFALTICO MODIFICADO CON POLÍMERO	EMULSIÓN	FILLER MINERAL	ADITIVO CON RESPECTO A LA CANTIDAD DE AGUA	AGUA	OBS.
	<i>CRUSHING 3/8"</i>		<i>EMULTEC CQS-1HP</i>	<i>CEMENTO PORTLAND TIPO I</i>		<i>POTABLE</i>	
% de dosificación	100%	6.8%	10.8%	0.5%	1.0%	10.0%	Cumple
	100%	8.0%	12.8%	0.5%	1.0%	11.5%	Cumple
	100%	9.3%	14.8%	0.5%	1.0%	13.0%	Cumple
	100%	7.8%	12.5%	0.5%	1.0%	10.0%	Óptimo - OCA

Fuente: TDM 2019.

➤ Determinación de contenido óptimo del asfalto

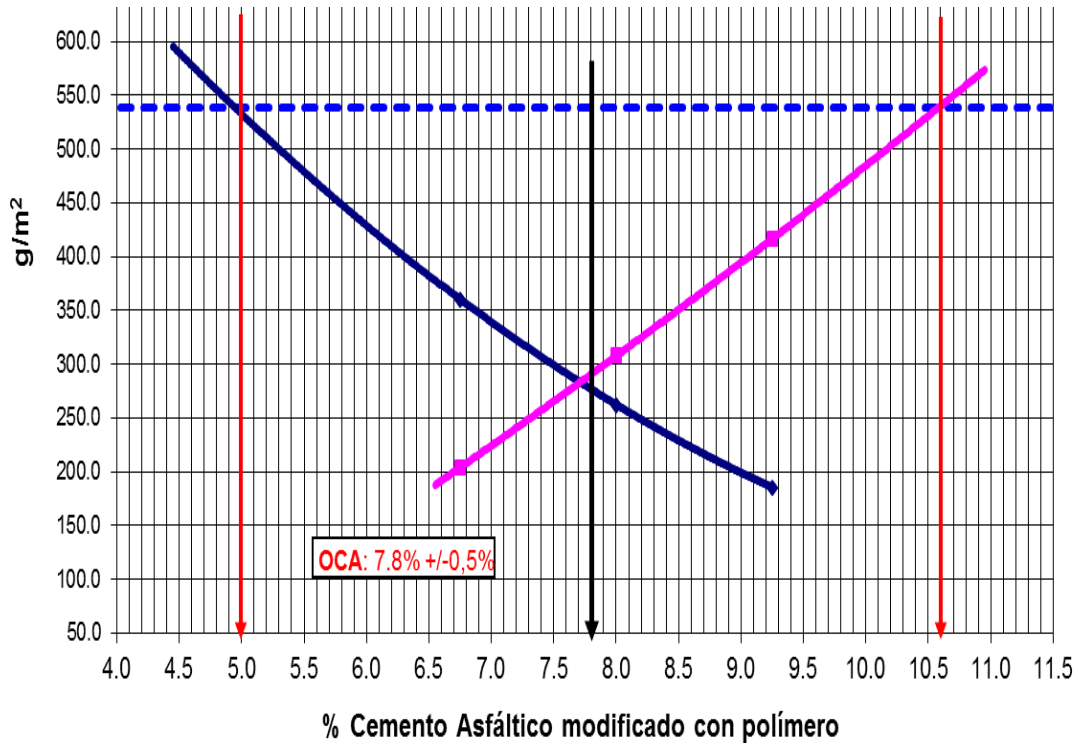
La International Slurry Surfacing Association – ISSA A 143, indica que el contenido óptimo de asfalto es determinado luego de haber tenido los resultados de los ensayos abrasión en húmedo W.T.A.T (Wet Track Abrasión Test) y rueda cargada – L.W.T. (Loaded Wheel Test), donde se establece el contenido máximo y mínimo, con tolerancias entre 5.5 a 10.5 %.

Gráfico N° 35: Contenido mínimo y máximo de asfalto



Fuente: ISSA TB 100, 109 y 111.

Gráfico N° 36: Contenido óptimo de asfalto



Fuente: TDM 2019.

Tabla N° 53: Ensayos de desgaste por abrasión mediante inmersión en agua

DESGASTE POR ABRASIÓN EN HÚMEDO - ISSA TB 100		ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	OBSERVACIÓN
VALORES DE DESGASTE CON 1 HORA DE INMERSIÓN EN AGUA	Porcentaje de emulsión	10.8%	12.8%	14.8%	Los tres ensayos cumplen lo requerido; donde se determina el contenido mínimo necesario de ligante, con el propósito que el agregado no se desprenda por abrasión del neumático.
	Cemento asfáltico modificado con polímeros	6.80	8.00	9.30	
	Desgaste g/m2	360.3	262.4	185.4	
	Especificación, máximo, g/m2	538 g/m2			

Fuente: TDM 2019.

- ✓ Con los corolarios logrados se ha determinado la tasa de desgaste o resistencia por abrasión de mezcla de micropavimento, simulando una superficie del pavimento en condiciones extremas como es el caso de saturación por acción del agua.
- ✓ Con este experimento se precisan los valores mínimos de emulsión asfáltica necesarios para conseguir una mezcla con asaz cohesión y pueda ser resistente a la acción abrasiva de los neumáticos. Esta prueba determina si el micropavimento cumple para los fines diseñados, sea desprendimiento de agregados o fisuras.
- ✓ La aplicación del micropavimento diseñado en vía con deterioro moderado aminorará las fallas superficiales, por ende, se extenderá la vida útil de la carpeta asfáltica.
- ✓ Las pruebas realizadas según resumen que se muestra en la Tabla N° 53, los resultados satisfacen los requerimientos mínimos, objeto de la presente investigación; por ende, cuando se realice el diseño cumpliendo rigurosamente lo establecido por la ISSA y la adecuada aplicación de los mismos se aminorará el desperfecto y se controlará el desprendimiento de los agregados de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra.

Tabla N° 54: Ensayos de rueda cargada

SIMULACIÓN DE TRÁFICO VEHICULAR - ISSA TB 109		ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	OBSERVACIÓN
VALORES DE ABSORCIÓN DE ARENA	Porcentaje de emulsión	10.8%	12.8%	14.8%	Los tres ensayos cumplen lo requerido; donde se determina la susceptibilidad a exudación y deformación del micropavimento a efectos de tráfico vehicular intenso.
	Cemento asfáltico modificado con polímeros	6.8	8.0	9.3	
	Absorción de la arena g/m ²	203.9	307.7	416.7	
	Especificación, máximo, g/m ²	538 g/m ²			

Fuente: TDM 2019.

- ✓ Establecer el contenido máximo de asfalto en mezclas para morteros asfálticos y micropavimentos

- ✓ Además de medir desplazamientos laterales por el mismo efecto.
- ✓ Con los resultados obtenidos se ha determinado el contenido máximo de asfalto para mortero de micropavimentos de granulometría Tipo II, por medio de adhesión de arena con las diferentes muestras que fueron sujetos a simulación de neumáticos de vehículos de carga pesada.
- ✓ Con esta prueba se puede determinar la susceptibilidad a la acción de exudación y deformación como ahuellamiento y fisuras del micropavimento.
- ✓ Con la aplicación del micropavimento diseñado en vía con deterioro moderado se atenuará las fisuras y por ende se ampliará la vida útil de la carpeta asfáltica.
- ✓ Las pruebas realizadas de acuerdo al resumen según la Tabla N° 54, los resultados satisfacen los requerimientos mínimos, objeto de la presente investigación, y sin temor a equivocarme cuando se realice el diseño adecuado y la aplicación de los micropavimentos se atenuará el deterioro y por ende se controlará las fisuras de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra.

Tabla N° 55: Dosificaciones óptimas de materiales para diseño de micropavimento

INSUMO	U.M	%	PESO (kg)	VOLUMEN	OBSERVACIÓN
AGREGADO	m ³	100.00	1645.00	1.00	La dosificación óptima de los materiales para micropavimento cumplen para revestir vía urbana tipo II, y la reapertura de tráfico vehicular se hará en 1.20 h.
FILLER - CEMENTO PORTLAND TIPO I	Bls.	0.50	8.23	0.19	
EMULSIÓN ASFÁLTICA CQS - 1HP (11.7 @13.3)	Gln.	12.50	205.63	205.63	
AGUA	Gln.	10.00	164.50	164.50	
POLÍMERO*	Gln.	1.00	1.65	1.65	

- Polímero con relación al peso del agua.

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Análisis de costo unitario por tipo de asfalto:

- ✓ Cotización de servicio de colocación de mezcla asfáltica en caliente (MAC), e = 3", puesta en obra tiene un promedio de S/. 75.53 por metro cuadrado con asfalto PEN 60/70, (Fuente: Propia, Estudio de mercado con fines académicos)
- ✓ Análisis de costo unitario por metro cuadrado de micropavimentos asfálticos en frío (MPAF), puesta en obra, e = 10 mm, tipo de vía M – II, según el siguiente detalle:

Tabla N° 56: Análisis de costo unitario de micropavimentos

Revestimiento con MPAF (e= 10 mm)						
Rendimiento: 1000 m2/día						
DESCRIPCIÓN DE RECURSO	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	
MANO DE OBRA						
CAPATAZ	h.h.	1	0.004	30	0.13	
OPERARIO	h.h.	1	0.004	28	0.12	
OFICIAL	h.h.	2	0.009	25	0.45	
PEÓN	h.h.	4	0.009	23	0.82	
					1.52	
MATERIALES						
EMULSIÓN ASFÁLTICA CQS - 1 HP	Gln.		0.55	10	5.5	
AGUA POTABLE	m3		0.002	30	0.06	
ARENA CHANCADA	m3		0.006	22	0.13	
CEMENTO PORTLAND	Bls.		0.012	45	0.54	
					6.23	
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.05	1	0.05	
CAMIÓN PLANTA PARA MICROPAVIMENTOS	hm	1	0.004	950	4.18	
					4.23	
					11.98	
GASTOS ADMINISTRATIVOS E IMPREVISTOS	Glb.	1	0.004	50	0.22	
					12.2	
I.G.V.	Glb.			18%	2.2	
					Total	S/ 14.40

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Contratación de la hipótesis general y específicas, a fin de determinar las valoraciones de las hipótesis, se describe según el siguiente detalle:

✓ Hipótesis General: La aplicación de los micropavimentos mejora la conservación de la carpeta asfáltica. Esta probabilidad ha sido demostrada mediante ensayos, para lo cual se justifica con la contrastación de observación de los resultados de ensayos de compatibilidad de los materiales - Schulze Breuer and Ruck / ISSA TB 144, sintetizado mediante la Tabla N° 48, se observa promedio de ocho briquetas los siguientes resultados: Absorción (4,51%), pérdida por abrasión (0.34 gramos, puntaje 4), integridad (98.93%, puntaje 4) y adhesión (pérdida de recubrimiento 3.53%, puntaje 4). Estos datos son registrados con el propósito de determinar compatibilidad de los materiales; el resultado obtenido es de 12 puntos, valor superior al mínimo requerido (11 puntos), con el ensayo de Schulze Breuer and Ruck / ISSA TB se determina la compatibilidad de los materiales, pérdida por abrasión, absorción, cohesión y adhesión en situaciones exageradas de temperatura y humedad. Los resultados obtenidos afirman la satisfacción observacional desarrollada para el proceso de elaboración y aplicación de micropavimentos para la conservación de la carpeta asfáltica.

✓ Hipótesis Específicas:

- La aplicación de los micropavimentos mejora la conservación de desprendimiento de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019. Esta probabilidad ha sido demostrada mediante pruebas de desgaste por abrasión, según síntesis descrito en la Tabla N° 53, se demostró que los valores de desgaste en una hora de inmersión en agua han sido menores a 538 g/m², el máximo requerido por la ISSA TB 100; estos resultados afirman la satisfacción observacional desarrollada para la aplicación de micropavimentos para la conservación de la carpeta asfáltica.

- La aplicación de los micropavimentos mejora la conservación de impermeabilidad de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019. Esta probabilidad ha sido demostrada mediante pruebas de rueda cargada, según síntesis descrito en la Tabla N° 54, se demostró que los valores de susceptibilidad a la exudación y deformación han sido menores a 538

g/m², el máximo requerido por la ISSA TB 100; estos resultados obtenidos afirman la satisfacción observacional desarrollada para la aplicación de micropavimentos para la conservación de la carpeta asfáltica.

- La aplicación de los micropavimentos mejora la conservación de desgaste de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019. Esta probabilidad ha sido demostrada mediante ensayos: a medida que se va incrementando el polímero, la cohesión tiende a aumentar con rotura temprana; por lo tanto, el desgaste a la abrasión del revestimiento va a ser gradualmente; estos resultados se reflejan en las tablas N° 53 y 54 y gráfico N° 36, por lo que se puede afirmar la satisfacción observacional desarrollada mediante la aplicación de micropavimentos para la conservación de la carpeta asfáltica.

IV. DISCUSIÓN

- ❖ A manera de colofón se determina el objetivo general, en la cual se establece que con la aplicación de los micropavimentos se mejora la conservación de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019. Luego de la evaluación de la carpeta asfáltica, se determinó que presenta fallas moderadas, como: desprendimiento de agregados y fisuras; por consiguiente se diseñó micropavimentos con emulsión asfáltica con polímeros de rotura controlada tipo CQS – 1HP, para ello se esbozó morteros con diferentes porcentajes de dosificaciones de materiales para micropavimentos mediante un sistema articulado de recolección de materiales de primerísima calidad, pruebas y ensayos mecánicos en condiciones extremas de temperatura y humedad de briquetas, y resultado de estos se resume en la Tabla N° 48, donde el valor obtenido de la prueba de Schulze Breuer and Ruck (compatibilidad de agregado con el ligante asfáltico) fue mayor a lo requerido según la norma. ISSA TB 144.

De otra parte Ortiz L. (2014, p. 131), en su tesis titulada “Evaluación en laboratorio de desempeño de morteros asfálticos y micropavimentos con agregados naturales del proyecto: mantenimiento de carretera interoceánica norte”, sostiene que para vía tipo M II, las mezclas con emulsión asfáltica y áridos son usados comúnmente y ampliamente para rehabilitación de tráfico moderado a pesado, debido que sellan desmoronamientos moderados y graves, oxidación del ligante, pérdida de finos y resistencia al deslizamiento.

Al respecto se precisa lo que describe Ortiz L., las mezclas de los micropavimentos han brindado excelentes resultados a la conservación vial, pero para ello se debe de realizar mantenimientos rutinarios con monitoreo permanente y articulado; por ende, para el diseño de micropavimentos se debe endosar en suministrar materiales e insumos que cumplan los requerimientos mínimos de calidad.

- ❖ Se determina el primer objetivo: con la aplicación de los micropavimentos se mejora la conservación de desprendimiento de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019; mediante ensayos de desgaste por abrasión, según

Tabla N° 53, se ha demostrado que los resultados de desgaste en una hora de inmersión en agua han sido menor a 538 g/m², el máximo requerido por la ISSA TB 100; por lo tanto con la aplicación de micropavimentos sobre la carpeta asfáltica con fallas de desprendimiento de agregados, se puede contralar y de esta manera extender su vida útil.

De otra parte, Toscano L. (2014, p. 118), en su tesis titulada “Diseño de Micropavimento como tratamiento superficial para el control de la Variación Térmica en el pavimento flexible de la vía Pifo-Cusubamba, como parte de mantenimiento preventivo”, obtuvo resultados en los dos primeros ensayos valores que cumplen con lo requerido, para lo cual usó diferentes porcentajes de emulsión asfáltica de rotura lenta CSS – 1HP, tal como indica la Tabla 3.34 del mencionado autor.

Para lo cual según Toscano L., describe que las características del pavimento deben de cumplir a la acción de las cargas vehiculares, resistente al agente de intemperie, volumen de tráfico, textura superficial, brinde seguridad y comodidad.

- ❖ Siguiendo con la determinación de los objetivos, el segundo objetivo de la investigación, describe: cómo la aplicación de los micropavimentos mejora la conservación de impermeabilidad de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019; mediante la prueba de rueda cargada, simulación de tráfico vehicular, según Tabla N° 54, en cada ensayo se demostró que los valores de absorción de arena fueron menor a 538 g/m², el máximo requerido por la ISSA TB 109; por ende con la aplicación de micropavimentos para vías con presencia de fisuras, se puede impermeabilizar la carpeta asfáltica, debido que el micropavimento va a trabajar como manto impermeable cuando exista climas adversas con presencia de agua.

De otra parte, Ochoa O. (2014, p. 74), en su tesis titulada “Micropavimento: Alternativa técnico-económica para la pavimentación del Asentamiento Humano Lomas de Marchan-Pucusana/Lima, 2017”, obtuvo resultados en los tres ensayos valores que cumplen con lo requerido, usando diferentes porcentajes de emulsión asfáltica de rotura lenta CSS – 1HP, tal como indica la tabla sin número del autor.

Al respecto Ochoa O., establece que para el diseño de micropavimentos se debe tener en claro sobre la falla de la carpeta asfáltica, calidad de materiales para la producción de micropavimentos; para ello se debe de realizar ensayos con diferentes porcentajes de emulsiones a fin de lograr un óptimo diseño de mortero.

- ❖ En la determinación del tercer y último objetivo, de: cómo la aplicación de los micropavimentos mejora la conservación de desgaste de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019. Los diferentes ensayos han evidenciado, a medida que se va incrementando el polímero, la cohesión tiende a aumentar con rotura temprana; por lo tanto, el desgaste a la abrasión va a ser menor, estos resultados se reflejan en las tablas N° 53 y 54 y gráfico N° 36.

De otra parte Aranda C. (2010, p. 275), en su tesis titulada “Diseño y control de calidad de microrevestimiento del tramo 02 del eje multimodal Amazonas Norte: Rioja - Tarapoto”, evidencia en sus resultados de la Tabla sin número, donde obtuvo un porcentaje óptimo de insumos para diseño de 01 m³ de agregado de tipo III, sobre el particular el autor afirma que el micropavimento se comportará de manera elástica sobre la carpeta asfáltica.

Cotejando las afirmaciones de Aranda C., indica que los micropavimentos se comportan de manera elástica, tolerando climas adversos, fallas de desprendimiento y exudación.

V. CONCLUSIONES

La aplicación de los micropavimentos mejora la conservación de la carpeta asfáltica, para lo cual es importante realizar un trabajo articulado y por etapas, como: monitoreo permanente a la carpeta asfáltica de la vía con el propósito de identificar fallas tempranas. A medida que se va identificando las fallas iniciales se debe de realizar programación de intervenciones oportunas, cuando se evidencia fallas a nivel intermedio con deterioro moderado e inicios de desprendimiento de agregados y fisuras; es el momento preciso para la aplicación de micropavimentos, para lo cual se debe de considerar tres aspectos fundamentales para el diseño de micropavimentos, como: selección adecuada de materiales de primerísima calidad, adecuado diseño y proceso constructivo mediante supervisión eficaz en todas las etapas.

La aplicación de los micropavimentos mejora la conservación de desprendimiento de la carpeta asfáltica; por ello se debe de diseñar un apropiado micropavimento con el propósito de aminorar el avance de las fallas identificadas. Es importante realizar un diseño correcto, cumpliendo los requerimientos mínimos como: agregado de primerísima calidad y diseño de emulsificante de acuerdo a los requerimientos del agregado como lo establece la International Slurry Surfacing Association – ISSA A 143 (2010), Recommended Performance Guideline For Micro Surfacing A 143, ya que solo de esta manera se garantizará las expectativas previstas.

La aplicación de los micropavimentos mejora la conservación de impermeabilidad de la carpeta asfáltica; debido que el revestimiento trabajará como manto impermeabilizante, ya que se sobrellevará de manera elástica en condiciones normales de trabajo, clima y tráfico vehicular. El uso de los polímeros en la emulsión asfáltica para los micropavimentos garantiza la trabajabilidad y adaptabilidad para impermeabilizar la carpeta asfáltica con deterioros moderados.

La aplicación de los micropavimentos mejora la conservación de desgaste de la carpeta asfáltica; el desgaste (desprendimiento de agregados) es el inicio de detrimento de la capa de rodadura y por qué no decir de la vía, para lo cual con el propósito de atenuar el desgaste por abrasión ocasionado por los neumáticos, el agregado pétreo debe de ser lo más compatible posible con la emulsión asfáltica con la finalidad que no sufra desprendimiento temprano ante la fricción de los neumáticos e inclemencia de tiempo.

VI. RECOMENDACIONES

Considerando el valor que posee esta investigación y en función a los resultados obtenidos se formulan algunas sugerencias, tanto para las autoridades municipales sea provincial y distrital, profesionales en ingeniería vial, empresarios, investigadores, estudiantes y público interesado en el rubro; para lo cual se hace llegar las siguientes recomendaciones.

A las autoridades involucradas en infraestructura vial de transporte, ejecutar planes y sistema integrado de monitoreo, evaluación de patrimonio vial terrestre y cultura de prevención con intervenciones oportunas de mantenimiento preventivo, rutinario y correctivo.

Las autoridades municipales encargados de obras y transportes, realizar intervenciones oportunas en vías con deterioro de fallas en proceso inicial e intermedio, con el propósito de resarcir, para que la intervención no sea más onerosa; ya que con técnicas de aplicación de micropavimentos (MPAF) en vías de transporte urbano con falla inicial a intermedia el coste será mucho más barato a comparación con el asfalto en caliente (MAC 60/70).

Empresas, estudiantes e investigadores involucrados de infraestructura vial deben de realizar más escudriñamientos sobre el diseño de micropavimentos, debido que el uso de esta tecnología en el Perú es intrascendente, desconocimientos y poca información que existe.

Para el diseño de micropavimentos es importante, realizar estudios exhaustivos de los materiales como el agregado y emulsión asfáltica, ya que en el Perú existen variedades e innumerables rocas y cada roca debe de ser estudiado si cumple los requerimientos mínimos para el interés del proyecto.

Determinando los requerimientos mínimos de cumplimiento del agregado, se debe de esbozar un emulsificante adecuado al tipo de roca, para luego realizar ensayos y pruebas mecánicos de briquetas simulados a micropavimentos.

REFERENCIAS

1. ASTM (2014). ASTM United States: ASTM International.
2. AASHTO. (2008). AASHTO The voice of Transportation. Washington D.C.: AASHTO.
3. Ayala, Y., Delgado, H., Guzmán, D. V. y Salazar, A. Z. (2018). Mezclas Asfálticas en Caliente (MAC) – Parte 1 para el Cálculo de Volumetría y ensayos de Desempeño, Instituto Mexicano de Transporte, México.
4. Casia, B. J. (2015), Tesis de Ingeniería Civil “Evaluación Estructural de Pavimentos.
5. Chao Jing, Jinxi Zhang y Bo Song, (2020), Construction and Building Materials 235, 117376.
6. Mengmei, L., Sen, H. Zhaoyu, W., Wanyan, R., Wei, L. (2019) Construction and Building Materials, 214, 93 – 100
7. Castiblanco, C. J. (2015), Tesis de Ingeniería Civil “Uso de Micropavimentos para Adecuación de Vías Municipales”, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá Colombia.
8. Castro, W. A., Rondón, H. A. y Barreto, J. C. (2015). Artículo de investigación “Evaluación de las Propiedades Reológicas y Térmicas de un Asfalto Convencional y uno Modificado con un Desecho de PEBD”, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Caldas, Colombia.
9. Céspedes A. J. (2002), “Los Pavimentos en las Vías Terrestres”, Cajamarca Perú.
10. Estrada, V. R. (2017). Tesis de Ingeniería Civil “Estudio y Análisis de Desempeño de Mezcla Asfáltica Convencional PEN 85/100 Plus y Mezcla Asfáltica Modificada con Polímero Tipo SBS 70-28”, Universidad Andina del Cusco, Cusco, Perú.
11. Florida Department of Transportation, (2015) “Standard Specifications for Road and Bridge Construction,” Sect. 300 - Prime and Tack Coats.
12. Galván, L., (2015), Tesis de Ingeniería Civil “Criterios de análisis y diseño de una mezcla asfáltica en frío con pavimento reciclado y emulsión asfáltica”, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
13. Gökalp, I., Uz, V., y Saltan, M, (2016), Construction and Building Materials, 123, 1 - 7.
14. Gutiérrez, L. W. (2018), “Mecánica de Suelos Aplicada a Vías de Transportes”, Lima Perú.

15. Heitzman, M., N. Tran, M. N., (2017), Final Report Outline for interview APR 24 reviewed, National Center for Asphalt Technologies, Auburn University, Auburn, AL, and EE.UU.
16. Herrera, A. (1998). Cuantificación de la validez de contenido por criterio de jueces. Santa Fe de Bogotá: Mc. Graw-Hill.
17. Hernández S. G. y Torres S. J. (2016), Tesis de Ingeniería Civil, “Evaluación Estructural y Propuesta de Rehabilitación de la Infraestructura Vial de la Av. Fitzcarrald, Tramo Carretera Pomalca – Av. Víctor Raúl Haya de la Torre”, Universidad Señor de Sipán.
18. Infante, C. A. y Vásquez, D. H. (2016), Tesis de Ingeniería Civil “Estudio Comparativo del Método Convencional y Uso de los Polímeros EVA y SBS en la aplicación de Mezclas Asfálticas”, Universidad Señor de Sipán, Chiclayo, Perú.
19. International Slurry Surfacing Association – ISSA A 143 (2010), Recommended Performance Guideline For Micro Surfacing A 143.
20. Lauren A.G. (2018), Thesis by Civil and Environmental Engineering “Pavement Preservation Best Practices Technical Briefs”, University of Nevada, Reno, EE.UU.
21. Mahadi, Z. y Ebrahim, H. (2018), Journal of Traffic and Transportation Engineering, Changan University, www.keaipublishing.com/jtte.
22. Menéndez A. J. (2016), “Ingeniería de Pavimentos”, tomos I, II y III, Lima Perú.
23. Mercado, R. y Fuentes, L., (2017), Construction and Building Materials 155, 838 – 845.
24. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG – 2013. Lima, Perú.
25. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018). Manual de Carreteras Diseño Geométrico DG – 2018. Lima, Perú.
26. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). Manual de Ensayo de Materiales 2016. Lima, Perú.
27. Minnesota Department of Transportation (MnDOT), “Schedule of Materials Control for 2016 Standard Specifications,” 2016, EE.UU.
28. Montejo, F. A. (2006), “Ingeniería de Pavimentos”, tomos I y II, tercera edición.
29. Moreno, M. A. (2011), Tesis de Ingeniería Civil “Efecto de la Presencia de Humedad en el Comportamiento de Mezclas Asfálticas sometidas a Ensayos de Rueda de Carga

(Norma NLT-173/84)” en la Universidad de Chile, Santiago de Chile – Chile.

30. Marian, D. A. (2011), “Cost Benefit Analysis of Including Microsurfacing in Pavement Treatment Strategies & Cycle Maintenance”, Department of Transportation on, Commonwealth H of Pennsylvania.
31. Norma AASHTO T 324 (2004). Standard Method of test of Hamburg Wheel-Track Testing of Compacted Hot Mix Asphalt. Análisis del comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímeros SBS betutec ic y una mezcla asfáltica convencional 60/70.
32. Ramos H. M. (2018), Tesis de Ingeniería Civil “Gestión de la Conservación y Beneficios de la Aplicación de Micropavimento en una Concesión Vial en el Perú”, Universidad de Piura.
33. Rondón Q. H. y Reyes L.F., (2015) “Pavimentos” Materiales, construcción y diseño, Lima Perú.
34. Salinas R. P. (2019), Tesis de Ingeniería Civil “Aplicación de Micropavimento usando Asfalto Modificado con Polímero en la vía Sullana-Aguas Verdes”, Universidad de Piura.
35. Steve, P. (2018), Guidelines and Specifications for Microsurfacing, Austroads Ltd., Australia
36. Tara C. (2007), Thesis by Civil Engineering “Safety Effects of Preventative Maintenance: Microsurfacing”, University of Waterloo, Ontario Canada.
37. Tahuite A.I. (2011), Tesis de Ingeniería Civil “Metodología, Diseño y Aplicación de un Mortero Asfáltico Modificado (Microsurfacing) para el Proyecto M-30-2009”, Universidad de San Carlos, Guatemala.
38. Torres, C., Osorio, A. y otros, (2018), Transportation Research Part D 59, 192 – 204.
39. Nam Tran, Gerry Huber and others, (2019), “Mix design strategies for improving asphalt mixture performance”, National Center for Asphalt Technology – NCAT, at Auburn University – EE.UU.
40. Rajesh, G. y Vinay V., (2019), Construction and Building Materials, 207, 519 – 527
41. Saadon, T., Gómez, B. y García, Á. (2018), Construction and Building Materials 186, 751 – 761.
42. Sangiorgi, C., Betelli, G. y otros (2012), Fuente: Procedia – Social and Behavioral Sciences 53, 223 – 234.

43. Terán M. L. (2015), Tesis de Ingeniería Civil “Diseño de Mezclas Asfálticas en Caliente Utilizando Agregados de la mina Cashapamba con Metodología Marshall”, Universidad Internacional del Ecuador.
44. Toscano M. L. (2014), Tesis de Ingeniería Civil “Diseño de Micro-pavimento aplicado como tratamiento superficial para el control de la Variación Térmica para la conservación de la carpeta asfáltica de la vía Pifo-Cusubamba, como parte del mantenimiento preventivo”, Universidad Internacional del Ecuador.
45. Valderrama M. S. (2016), “Pasos Para elaborar Proyectos de Investigación Científica), Lima Perú.
46. Vargas G. A. (2016), Tesis de Ingeniería Civil “Experiencia de Diseño de Micropavimentos en el Salvador”, Universidad de Piura.
47. Victoria, C., Ortiz, J. C., Avalos, F. y Castañeda, A. (2015). Tesis para Doctorado “Modificación de Asfalto con Elastómeros para su uso en Pavimentos”, Universidad Autónoma de Coahuila, Coahuila – México.
48. Villegas, R., Aguiar, J. y Loria, L. (2018). “Diseño de Mezcla Asfáltica con Materiales de Desecho”, Universidad de Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. Revista Científico Tecnológica Departamento Ingeniería de Obras Civiles
49. Yaofei, L., Ke S., Xiangbing, X. y Xiaoguang. Y. (2019). Construction and Building Materials, 206, 193 – 200
50. Yesquén G. I. (2016), Tesis de Ingeniería Civil “Gestión y Conservación de Pavimentos Flexibles, a través del Índice de Desempeño "PCI" en el Entorno del Distrito de Surquillo-Lima”, Universidad Nacional de Piura, Piura Perú.
51. Aranda C. G. (2010), Tesis de Ingeniería Civil “Diseño y control de calidad de microrevestimiento del tramo 02 del eje multimodal Amazonas Norte: Rioja - Tarapoto”, Universidad Ricardo Palma, Lima Perú.

ANEXOS

Anexo N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Aplicación de micropavimentos para la conservación de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019

VARIABLE	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
VI MICROPAVIMENTOS	¿De qué manera la aplicación de los micropavimentos mejora la conservación de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019?	Determinar cómo la aplicación de los micropavimentos mejora la conservación de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019.	La aplicación de los micropavimentos mejora la conservación de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019.	Se llama micropavimento a aquella mezcla asfáltica que posee un tamaño máximo nominal de la mezcla de agregados superior a 10 mm, que se ejecuta en espesores reducidos que se utilizan como tratamiento de mejorado de superficie en carpetas en mal estado, pero que poseen sus cualidades estructurales intactas, ya que el microaglomerado no realiza un aporte al paquete estructural. (Salinas Reto 2019, p. 48)	Es una mezcla de emulsión asfáltica con agregados pétreos triturados de forma cúbica, polímeros, agua y filler mineral; determinando el proceso de diseño y su posterior fabricación son aplicados sobre la superficie de la carpeta asfáltica y para trabajar como revestimiento a fin de controlar desprendimientos y fisuras de la capa de rodadura. Este mortero debe de cumplir con las exigencias mínimas de ensayos mecánicos de especímenes de acuerdo a la norma ISSA TB 143, como cohesión, compatibilidad de materiales, abrasión, rueda cargada, consistencia y desplazamiento.	Compatibilidad de agregado con emulsión asfáltica / Schulze Breuer and Ruck	Humedad Desgaste Temperatura	Fichas de observación
								Ensayo de compatibilidad del agregado con el ligante
						Abrasión en húmedo / W.T.A.T.	Desgaste o desprendimiento Contenido mínimo de asfalto	Fichas de observación
								Ensayo de contenido mínimo de ligante
						Rueda cargada / L.W.T.	Susceptibilidad a la exudación Deformación de la mezcla Contenido óptimo de asfalto	Fichas de observación
								Ensayo de contenido máximo de ligante


Aplicación de micropavimentos para la conservación de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019


VARIABLE	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	
VD	CARPETA ASFÁLTICA	¿De qué manera la aplicación de los micropavimentos mejora la conservación de desprendimiento de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019?	Determinar cómo la aplicación de los micropavimentos mejora la conservación de desprendimiento de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019.	La aplicación de los micropavimentos mejora la conservación de desprendimiento de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019.	La carpeta asfáltica es la parte superior del pavimento flexible que proporciona la superficie de rodamiento, es elaborada con material pétreo seleccionado y un producto asfáltico dependiendo del tipo de camino que se va a construir (Terán Molina, 2015, p. 6).	Es una capa estructural, que se encuentra en la parte superior del pavimento, está compuesto por los ligantes asfálticos, materiales pétreos y otros; con el propósito de mejorar sus características del mortero se debe de incorporar polímeros a fin de garantizar el PSI, PSR, PCI e IRI.	Serviciabilidad	Rango de Serviciabilidad Presente – PSR	Fichas de observación
		Índice de Serviciabilidad Presente - PSI	Determinación de funcionalidad						
		Índice de Condición del Pavimento - PCI	Irregularidad	Fichas de observación					
			Clase Severidad	Determinación de falla					
		Índice Internacional de Rugosidad - IRI	Adherencia Fricción	Fichas de observación					
				Condición de rugosidad					


Anexo N° 02: Ficha de validación por los expertos

FICHA DE VALIDACION


VARIABLES		INFORME DE OPINIÓN DEL JUICIO DE EXPERTOS						
TÍTULO: Aplicación de micropavimentos para la conservación de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019		AUTOR: EUCLIDES RODRÍGUEZ RONCAL						
DIMENSIONES	INDICADORES	Cuantificación de valores, según Herrera A. (1998)					Excelente Validez (0.72 a 0.99)	Validez Perfecta (1.00)
		Validez Nula (0.53 a Menos)	Validez Baja (0.54 a 0.59)	Válida (0.60 a 0.65)	Muy Válida (0.6 a 0.71)	Ingeniero 02		
		Ingeniero 01		Ingeniero 02			Ingeniero 03	
MICROPAVIMENTOS - VI	HUMEDAD	0.70				0.70		0.70
	COMPATIBILIDAD DE AGREGADO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA	1.00				1.00		1.00
	TEMPERATURA	1.00				1.00		1.00
	DESPRENDIMIENTO	1.00				1.00		1.00
	ABRASIÓN EN HÚMEDO - W.T.A.T.	0.60				0.65		0.65
	CONTENIDO MÍNIMO DE ASFALTO	0.60				0.65		0.70
	SUSCEPTIBILIDAD A LA EXUDACIÓN	0.60				0.65		0.70
	RUEDA CARGADA - L.W.T.	1.00				1.00		1.00
	CONTENIDO ÓPTIMO DEL ASFALTO	1.00				1.00		1.00
	RANGO DE SERVICIABILIDAD PRESENTE - PSR	1.00				1.00		1.00
CARPETA ASFÁLTICA - VD	SERVICIABILIDAD	1.00				1.00		1.00
	ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE - PSI	1.00				1.00		1.00
	IRREGULARIDAD	1.00				1.00		1.00
	CLASE	0.70				0.70		0.70
	SERVIDAD	1.00				1.00		1.00
	NEUMÁTICO - CALZADA	0.70				0.70		0.70
	SEGURIDAD	1.00				1.00		1.00
	ADHERENCIA	0.70				0.70		0.70
	FRICCIÓN	13.60				13.75		13.85
		0.85				0.86		0.87
							0.86	


 Ingeniero 03
 CIP: 178735
 Daniel Vidal Vilcatoma


 Ingeniero 02
 CIP: 157431
 Monica Taza Pimentel


 Ingeniero 01
 CIP: 59571
 ARANGOEN SERRANO

Anexo N° 03: Ficha de observación 01, Levantamiento de información de carpeta asfáltica

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO					 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO			
HOJA DE INSPECCIÓN								
Nombre de la Vía: Av. San Remo		Distrito: Puente Piedra		Fecha: 03 de julio de 2017				
Unidad de Muestra - UM: Avenida San Remo, cruce con calle rosales y pasaje 02			Responsable: Euclides RODRIGUEZ RONCAL					
Área de la muestra (m²): 350		TIPO DE FALLA						
OBSERVACIONES	1.- Piel de cocodrilo	m²	11.- Parcheo	m²	MUESTRA			
	2.- Exudación	m²	12.- Agregados pulidos	m²				
	3.- Agrietamiento en bloque	m²	13.- Huecos	m²				
	4.- Elevaciones y hundimientos	m	14.- Cruces de vía férrea	m				
	5.- Corrugaciones	m²	15.- Ahuellamiento	m²				
	5.- Depresiones	m²	16.- Desplazamiento	m²				
	7.- Grietas de borde	m	17.- Grietas parabólica	m²				
	8.- Reflexión de juntas	m	18.- Hinchamiento	m²				
	9.- Desnivel de calzada	m	19.- Desprendimiento de agregados	m²				
	10.- Grietas longitudinales y transversales	m		m²				
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES								
ÍTEM	TIPO DE FALLA	UNIDAD	SEVERIDAD	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	METRADO
01	PIEL DE COCODRILO	(m2)	L	0.50	0.90		0.50	1.90
			M	1.50	0.40		0.50	2.40
			H			1.00		1.00
02	EXUDACIÓN	(m2)	L					0.00
			M					0.00
			H					0.00
03	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	(m2)	L	1.00		0.70	0.50	2.20
			M		2.00	1.50	1.00	4.50
			H					0.00
04	ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS	(m2)	L			1.20		1.20
			M		0.36	0.30		0.66
			H				0.22	0.22
05	CORRUGACIÓN	(m2)	L					0.00
			M					0.00
			H					0.00
06	DEPRESIÓN	(m2)	L		0.35			0.35
			M	0.56		0.62		1.18
			H					0.00
07	GRIETA DE BORDE	(m2)	L					0.00
			M				2.17	2.17
			H					0.00
08	GRIETA DE REFLEXIÓN	(m2)	L					0.00
			M					0.00
			H					0.00
09	DESNIVEL CARRIL BERMA	(m2)	L					0.00
			M					0.00
			H					0.00
10	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	(m2)	L	1.00	0.70		0.90	2.60
			M	2.00	0.60	0.40	1.00	4.00
			H	1.80			0.30	2.10
11	PARCHEO	(m2)	L	2.00	5.00			7.00
			M	1.00	0.60	0.90		2.50
			H	0.50	1.00		0.60	2.10
12	PULIMENTO DE AGREGADOS	(m2)	L					0.00
			M					0.00
			H					0.00
13	HUECOS	(m2)	L		2.40			2.40
			M			2.20		2.20
			H			1.00		1.00
14	CRUCE DE VÍA FÉRREA	(m2)	L					0.00
			M					0.00
			H					0.00
15	AHUELLAMIENTO	(m2)	L					0.00
			M					0.00
			H					0.00
16	DESPLAZAMIENTO	(m2)	L					0.00
			M					0.00
			H					0.00
17	GRIETA PARABÓLICA	(m2)	L					0.00
			M					0.00
			H					0.00
18	HINCHAMIENTO	(m2)	L					0.00
			M					0.00
			H					0.00
19	DESPRENDIMIENTO S DE AGREGADOS	(m2)	L	3.00	6.00	6.00	8.00	23.00
			M	18.00	26.00	12.00	13.00	69.00
			H	0.40	1.20	0.50	2.00	4.10

Anexo N° 04: Ficha de observación 02, Ensayo de compatibilidad de agregado con el ligante



“Aplicación de micropavimentos para la conservación de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019”

FICHA DE OBSERVACIÓN N°	2.00
------------------------------------	-------------

ENSAYO Ensayo de compatibilidad de agregado con el ligante - Schulze Breuer and Ruck

LABORATORIO TDM ASFALTOS - LURÍN

OBSERVADOR Euclides RODRÍGUEZ RONCAL

FECHA 27/11/2019

I	Materiales	Agregado con gradación menor a 3/8", procedente de cantera Crushing, cantidad de 2,500 g, emulsión asfáltica catiónica de rotura controlada CQS - IHP, agua potable y polímeros.
II	Equipos e Instrumentos	Balanza de precisión, equipo de Schulze Breuer and Ruck y herramientas menores
III	OBJETIVO	Determinar la compatibilidad de los materiales pétreos (arena chancada), con el ligante asfáltico, en codecisiones extremas de temperatura (calor en horno graduada) y clima (humedad en agua). Mediante la ISSA TB 144, a fin de identificar las características de pérdida por abrasión, integridad y adhesión de un residuo de asfaltos emulsionados con agregado pétreo especificado.
IV	PROCEDIMIENTO	<p>Prueba de absorción; luego de haber realizado el cálculo teórico de la mezcla y dosificado los insumos, se procede en realizar la mezcla en un mortero para luego introducir a un horno a temperatura de 60° C por periodo de una hora; se procede desmenuzar la mezcla para preparar especímenes, se observa su rotura de las pastillas (briquetas) a temperatura ambiente, se pesa para luego sumergir en agua por espacio de 6 días; cumplido el tiempo se procede a realizar otro pesado a fin de observar la diferencia de pesos.</p> <p>Prueba de abrasión; a uno a los otros especímenes se procede a realizar prueba de abrasión sumergiendo en agua por periodo de 3 horas, luego se seca y se pesa a fin de determinar la perdida por abrasión la diferencia entre peso inicial y térmico.</p> <p>Prueba de integridad, a fin de determinar se toma uno de los especímenes saturados para ser colocado en agua hirviendo por un periodo de 30 minutos, se observa la perdida de partículas de arena o ligante.</p> <p>Prueba de adherencia, esta se determina después de las 24 horas de secado a uno de los especímenes.</p>
RESULTADOS Y OBSERVACIONES		

Absorción: Cumplió con lo requerido de acuerdo al periodo de ensayo su peso, el espécimen no mostró incremento de volumen ni desprendimiento de partículas de agregado y absorción de agua.

Abrasión: Cumplió con lo requerido sin desprendimiento de agregado ni cambio notorio en disminución de peso.

Integridad: Cumplió con lo requerido en peso y forma, no se observa deformación ni desprendimiento

Adherencia: Cumplió con lo requerido de acuerdo al tiempo y su peso si reflejarse cambios significativos; luego de las pruebas se observa que el ligante y el agregado tienen adherencia sin mostrar deformaciones

Anexo N° 05: Ficha de observación 03, Ensayo de contenido mínimo de ligante



“Aplicación de micropavimentos para la conservación de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019”

FICHA DE OBSERVACIÓN N°	3.00
----------------------------	------

ENSAYO	Ensayo de contenido mínimo de ligante - Pérdida por Abrasión Húmeda W.T.A.T. (Wet Track Abrasión Test)
LABORATORIO	TDM ASFALTOS - LURÍN
OBSERVADOR	Euclides RODRÍGUEZ RONCAL
FECHA	28/11/2019

I	Materiales	Agregado con gradación menor a 3/8", procedente de cantera Crushing, cantidad de 1,000 g, emulsión asfáltica catiónica de rotura controlada CQS - 1HP, agua potable y polímeros.
II	Equipos e Instrumentos	Balanza de precisión, equipo de abrasión y herramientas menores
III	OBJETIVO	Determinar el contenido mínimo de asfalto, luego de realizar morteros en diferentes porcentajes de ligante, emulsión y polímero con de los materiales pétreos (arena chancada), mediante la ISSA TB 100, a fin de obtener el contenido mínimo de ligante y polímero.
IV	PROCEDIMIENTO	Las exigencias mínimas de ensayo de W.T.A.T, como máximo en una hora es de 538 g/m ² , para lo cual se inicia con el tamizado del agregado por la malla #4 promedio de 1000 g, preparar muchos especímenes con diferentes porcentajes de emulsión asfáltica y agua; cada molde debe de ser en forma circular y tipo de granulometría (M-II), cuyo diámetro es de 28 cm, las muestras deben de ser secadas en horno a una temperatura promedio de 60° C por un periodo de 15 horas. Las muestras son enfriado a temperatura ambiente; pesar para la obtención del primer valor, se procede en sumergir en el agua a una temperatura promedio de 25° por periodo de 60', luego se procede a ensayar la muestra sumergida en la máquina de abrasión por periodo de 5' a temperatura de 25° C. A la muestra ensayada se repite el mismo proceso que el anterior, como lavado, secado, enfriado a temperatura ambiente, para luego ser pesado con el propósito de obtener el segundo peso; las mezclas deben de ser homogéneas, los porcentajes de materiales deben de mantenerse y el tiempo debe de ser mayor a 3'. El molde (aro) es retirado en un cincuenta por ciento del tiempo de curado, la pérdida de la muestra determina la tasa de decadencia o la resistencia a la abrasión de la mezcla; por ende se puede determinar el contenido mínimo necesario del ligante, según los porcentajes de materiales ensayados.
RESULTADOS Y OBSERVACIONES		

Abrasión: Los valores obtenidos de inmersión en agua una hora fue menor a 538 g/m² y en 6 días menor a 807/m², los porcentajes de agregado, polímero y filler son constantes, mientras el agua varia desde 13, 12 y 10% y emulsión desde 14, 12 y 10%

Anexo N° 06: Ficha de observación 04, Ensayo de contenido máximo de ligante



“Aplicación de micropavimentos para la conservación de la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019”

FICHA DE OBSERVACIÓN N°	4.00
-------------------------	------

ENSAYO Ensayo de contenido máximo de ligante - Rueda cargada – L.W.T. (Loaded Wheel Test)

LABORATORIO TDM ASFALTOS - LURÍN

OBSERVADOR Euclides RODRÍGUEZ RONCAL

FECHA 28/11/2019

I	Materiales	Agregado con gradación menor a 3/8", procedente de cantera Crushing, cantidad de 1,000 g, emulsión asfáltica catiónica de rotura controlada CQS - IHP, agua potable y polímeros.
II	Equipos e Instrumentos	Balanza de precisión, equipo de abrasión y herramientas menores
III	OBJETIVO	Determinar el contenido máximo de asfalto, luego de realizar morteros en diferentes porcentajes de ligante, emulsión y polímero con de los materiales pétreos (arena chancada), mediante la ISSA TB 109, a fin de obtener el contenido mínimo de ligante y polímero, susceptibilidad a la acción de exudación y deformación del espécimen mediante la simulación de un neumático.
IV	PROCEDIMIENTO	Las exigencias mínimas de ensayo de L.W.T, como máximo luego de los 1000 ciclos de presión de neumático de 57 kg, no debe de ser mayor a 538 g/m ² , para lo cual se inicia con el tamizado del agregado por la malla #4 promedio de 400 g, preparar tres especímenes rectangulares con diferentes porcentajes de emulsión asfáltica, polímero y agua para granulometría (M-II), las muestras deben de ser secadas en horno a una temperatura promedio de 60° C por un periodo de 15 horas. Las muestras son enfriado a temperatura ambiente; en pleno proceso de simulación de rueda se debe de adicionar agua a fin de tener condiciones extremas de humedad. A la muestra ensayada se repite el mismo proceso que el anterior, como lavado, secado, enfriado a temperatura ambiente, para luego ser pesado con el propósito de obtener el segundo peso; las mezclas deben de ser homogéneas, con diferentes porcentajes de emulsión, agua y primero.
RESULTADOS Y OBSERVACIONES		

Abrasión: Los valores obtenidos de rueda cargada con simulación de neumático de 57 kg, fue menor a 538 g/m², los porcentajes de agregado, polímero y filler son constantes, mientras el agua varia desde 10, 9.5 y 8.5% y emulsión desde 14, 12 y 10%

Anexo N° 07: Análisis granulométrico de agregado fino



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

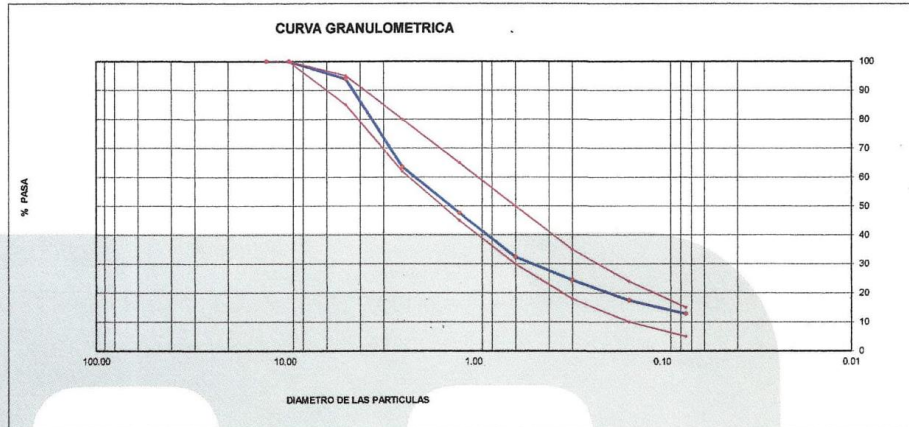
www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO	Código	FOR-LTC-AG-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
 ASTM C136 / MTC E204

REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: EUCLIDES RODRIGUEZ RONCAL		
TESIS	: *APLICACIÓN DE MICROPAVIMENTOS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA DE LA AVENIDA SAN REMO DEL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA, 2019*		
UBICACIÓN	: Av. SAN REMO - DISTRITO DE PUENTE PIEDRA	Fecha de ensayo:	17/10/2019
MATERIAL	: Arena Chancada	CANTERA:	CRUSHING
PESO INICIAL HUMEDO (g)	827.6	% W =	0.58
PESO INICIAL SECO (g)	823.0	MF =	3.21

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	Tipo M-II
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100
Nº4	4.76	50.0	6.1	6.1	93.9	85 - 95
Nº6	2.38	250.0	30.4	36.5	63.5	62 - 80
Nº 16	1.19	131.0	15.9	52.4	47.6	45 - 65
Nº 30	0.60	125.0	15.2	67.6	32.4	30 - 50
Nº 50	0.30	65.0	7.9	75.5	24.5	18 - 35
Nº 100	0.15	57.7	7.0	82.5	17.5	10 - 24
Nº 200	0.08	39.0	4.7	87.2	12.8	5 - 15
FONDO		105.3	12.8	100.0	0.0	



OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Anexo N° 08: Ensayo de desgaste por abrasión de los agregados



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DESGASTE POR ABRASIÓN	Código	FOR-LAB-AG-006
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO ASTM C131 / ASTM C535 / MTC E - 207

REFERENCIA	: Ensayos de laboratorio		
SOLICITANTE	: EUCLIDES RODRIGUEZ RONCAL		
TESIS	: "APLICACIÓN DE MICROPAVIMENTOS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA DE LA AVENIDA SAN REMO DEL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA, 2019"		
UBICACIÓN	: Av. SAN REMO - DISTRITO DE PUENTE PIEDRA.	Fecha de ensayo:	27/10/2019
CANTERA	: CRUSHING		
PROGRESIVA	: Material de acopio		
MUESTRA	: ARENA CHANCADA		

GRADACIÓN	"A"	"B"	"C"	"D"
ESFERAS	12	11	8	6
1.1/2" - 1"	1250	-	-	-
1" - 3/4"	1251	-	-	-
3/4" - 1/2"	1248	2500	-	-
1/2" - 3/8"	1251	2500	-	-
3/8" - 1/4"	-	-	2500	-
1/4" - N°4	-	-	2500	-
N°4 - N°8	-	-	-	5000
Peso Muestra	5000	5000	5000	5001
Peso Retenido Tamiz N° 12	--	--	--	3796
Peso Pasante Tamiz N° 12	--	--	--	1205
% DESGASTE				24.10
PROMEDIO			24.1%	

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * El contenido de humedad reportado corresponde a la humedad registrada a la llegada de la muestra al laboratorio de MTL GEOTECNIA
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Anexo N° 09: Ensayo de peso unitario de los agregados



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO UNITARIO	Código	FOR-LAB-AG-016
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS ASTM C29 / MTC E203

REFERENCIA	: Datos de laboratorio	Fecha de ensayo:	17/10/2019
SOLICITANTE	: EUCLIDES RODRIGUEZ RONCAL		
TESIS	: "APLICACIÓN DE MICROPAVIMENTOS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA DE LA AVENIDA SAN REMO DEL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA, 2019"		
UBICACIÓN	: Av. SAN REMO - DISTRITO DE PUENTE PIEDRA		

MATERIAL : Arena chancada **CANTERA** : CRUSHING

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	6500	6511	6518
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4137	4148	4155
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.499	1.503	1.505

PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO	g/cc	1.502
--------------------------------------	------	-------

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	7450	7430	7439
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	5087	5067	5076
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.843	1.836	1.839

PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO	g/cc	1.839
--	------	-------

OBSERVACIONES:
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Anexo N° 10: Ensayo de durabilidad de los agregados



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DURABILIDAD DE AGREGADOS	Código	FOR-LAB-AG-009
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2019

LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO AASTHO T-104 / ASTM C88 / MTC E - 209

REFERENCIA	: Ensayos de laboratorio		
SOLICITANTE	: EUCLIDES RODRIGUEZ RONCAL		
TESIS	: "APLICACIÓN DE MICROPAVIMENTOS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA DE LA AVENIDA SAN REMO DEL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA, 2019"		
UBICACIÓN	: Av. SAN REMO - DISTRITO DE PUENTE PIEDRA.		
CANTERA	: CRUSHING		
PROGRESIVA	: Material de acopio	Fecha de inicio	: 17/10/2019
MUESTRA	: ARENA CHANCADA	Fecha de término	: 22/10/2019

MEZCLA DE AGREGADO FINO									
Tamaño de tamiz	Peso Requerido	Recipiente N°	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Pérdida		Escalonado original	Pérdida corregida	
					Peso	%			
3/8"	N°4	100	1	100.2	99.6	0.6	0.6	0.51	0
	N°8	100	2	100	96.4	3.6	3.6	19.24	0.69
	N°16	100	3	100.1	95.8	4.3	4.3	24.24	1.04
	N°30	100	4	100	94.6	5.4	5.4	17.29	0.93
	N°50	100	5	100	97.6	2.4	2.4	12.03	0.29
	N°100	100	6	100	97.7	2.3	2.3	10.57	0.24
	N°100							83.9	3.20%

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Se ensayo se realizó con sulfato de magnesio.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Anexo N° 11: Ensayo de emulsión asfáltica CAH



CONTRATISTAS GENERALES S.A.



48 AÑOS DE EXPERIENCIA

ESPECIALISTAS EN PAVIMENTACIÓN, ASFALTOS EMULSIONADOS, MODIFICADOS CON POLIMEROS Y OBRAS EN GENERAL

EMULSIÓN CATIONICA DE RUPTURA CONTROLADA CON POLIMERO

CQS - 1HP

INFORME DE ENSAYO N° 043 - 2019 - CAH - LABCALIDAD

DATOS GENERALES		
CLIENTE :	RODRIGUEZ RONCAL EUCLIDES	FECHA DE PRODUCCIÓN : 02-10-19
OBRA :	APLICACION DE MICROPAVIMENTOS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA DE LA AVENIDA SAN REMO DEL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA - 2019	FECHA DE ENSAYO : 03-10-19 LOTE N° : EMP064-10-19

ENSAYOS SOBRE LA EMULSIÓN	METODO ASTM	UNIDADES	ESPECIFICACIONES		RESULTADO
			MÍNIMO	MÁXIMO	
VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL, 25 °c	D 7496	ssf	20	100	28
SEDIMENTACIÓN, 7 DÍAS	D 6930	%	---	5	4.1
CONTENIDO DE AGUA, % VOLUMEN	D 95	%	---	38	37.5
RESIDUO POR EVAPORACIÓN	D 6934	%	62	---	62.5
PRUEBA DEL TAMIZ N° 20	D 6933	%	---	0.1	0.02
CARGA DE PARTÍCULA	D 7402	---	POSITIVO		POSITIVO

ENSAYOS SOBRE EL RESIDUO DE LA EMULSIÓN					
PENETRACIÓN, 25°C, 100 g, 5 s	D 5	dmm	50	90	53
PUNTO DE ABLANDAMIENTO	D 36	°c	45	---	59.2
DUCTILIDAD 5°C	D 113	cm	10	---	13
RECUPERACIÓN ELÁSTICA, 25°C, 20 cm, 1h	D 6084	%	30	---	33

* El producto cumple con la especificación EG-2013

OBSERVACIONES:

- Para largos periodos de almacenamiento se recomienda recircular la emulsión por lo menos una vez por semana.
- Almacenar la emulsión de acuerdo a lo indicado por el manual básico de emulsiones asfálticas MS-19.
- PE : 1.00

Original: Cliente
Copia 1: Área despacho
Copia 2: Área Laboratorio

CAH CONTRATISTAS GENERALES S.A.
Manuel Coronado Lopez
Jefe de Laboratorio

Fecha de Emisión : Lima, 07 de octubre del 2019

EDICIÓN : FEBRERO 2019, VERSIÓN 02

El presente documento concierne única y exclusivamente a la muestra sometida a ensayo y al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Queda terminantemente prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización expresa por escrito por CAH Contratistas Generales S.A, asimismo la empresa no se responsabiliza por los daños o pérdidas ocasionadas por el uso inadecuado del producto.

Planta de Emulsiones Asfálticas y Asfaltos Modificados con Polimeros
Callao: Calle 4-5, Urb. Grimañeza Mz C, Lt 5 --Telfs: 5722457-- 572-3447-- 717-7388 Anexo Lab. 108-106

Av. República de Colombia 671 Of. 603 (Ex Av Central) - San Isidro - Lima - Perú Telf.: 4406239 - 4417577 - 4400064 - 4220440 - 4225221
CENTRAL TELEFÓNICA DIGITAL: 204-5100 Fax: Anexo (150)
E-mail: camohesa@camohesa.com.pe www.camohesa.com.pe

Anexo N° 12: Ensayo de emulsión asfáltica Grupo TDM



EMULTEC CQS-1HP

EMULSIÓN CATIONICA DE RUPTURA CONTROLADA CON POLIMERO

GUIA TDM ASFALTOS : _____
 CLIENTE: EUCLIDES RODRIGUEZ RONCAL
 REFERENCIAS: EXPEDIENTE MP. 035-2019 LAB TDM ASFALTOS
 TANQUE: _____ CINTILLO DE SEGURIDAD N°: _____
 LOTE DE PRODUCCIÓN: MINIPLANTA
 CANTIDAD: 4 KILOGRAMOS
 FECHA DE PRODUCCIÓN: 10/11/2019

ENSAYOS SOBRE EMULSIÓN	MÉTODO ASTM	UNIDADES	ESPECIFICACIONES		RESULTADO
			MINIMO	MÁXIMO	
VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL, 25 °C	D 7496	ssf	20	100	43
RESIDUO POR EVAPORACION	D 6934	%	62	-.	62.5
SEDIMENTACION A LOS 7 DIAS	D 6930	%	-.	5	0.3
PRUEBA DEL TAMIZ N° 20	D 6933	%	-.	0.1	0.00
CARGA DE PARTÍCULA	D 7402		POSITIVA		POSITIVA

ENSAYOS SOBRE EL RESIDUO DE EMULSIÓN					
PENETRACIÓN, 25°C, 100 g, 5 s	D 5	dmm	50	90	57
DUCTILIDAD, 5°C, 5 cm/min	D 113	cm	10	-.	18.0
RECUPERACION ELASTICA LINEAL, 25°C, 20 cm	D 6084	%	30	-.	40.0

OBSERVACIONES: El producto cumple especificaciones de calidad MTC-EG-2013
Los resultados corresponden sólo a la muestra analizada
PE:1.00

Original: Cliente
 Copia 1: Area Técnica
 Copia 2: Producción
 Copia 3: Laboratorio

Hector Huapaya
Laboratorista

Wendy Herencia
Jefe del área técnica

Fecha de Emisión : **Lima, 04 de diciembre del 2019**

La información contenida en este documento se basa en ensayos adecuados, seguros y correctos. Las recomendaciones, rendimientos y sugerencias no constituyen garantías ya que, al estar fuera de nuestro alcance controlar las condiciones de aplicación, no nos responsabilizamos por daños, perjuicios o pérdidas ocasionadas por el uso inadecuado de los productos.

TDM ASFALTOS se reserva el derecho de efectuar cambios con el objeto de adaptar este producto a las más modernas tecnologías.

Mz. A Lote 12 Zona Industrial Las Praderas de Lurín - Lurín. Teléfono (511) 6169311 Fax: 6169313

REG-III-TEC-120.V01

Anexo N° 13: Informe de diseño de micropavimentos



EXPEDIENTE MP.
035-2019-LAB TDM ASFALTOS

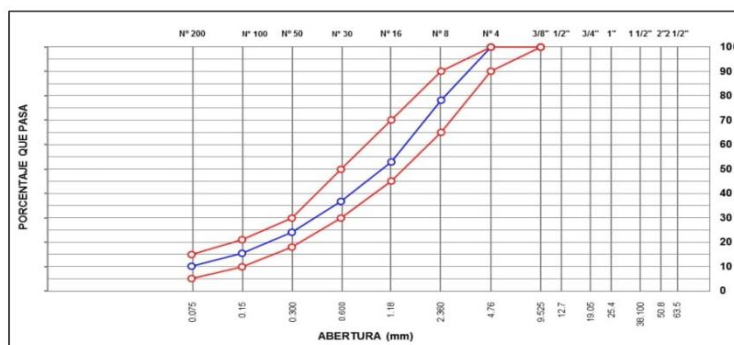
INFORME DE DISEÑO

Proyecto : Aplicación de micropavimento para la conservación de carpeta asfáltica de la avenida San Remo del Distrito de Puente.2019
Solicitante : Euclides Rodríguez Roncal
Referencia : Tratamiento Superficial Micropavimento Tipo II
Fecha : Lima 06 de Noviembre del 2019

I. Caracterización de Agregados

Procedencia de la muestra : Arena Chancada – Cant. Crushing
Referencia : Formular Micropavimento Tipo II.
Observaciones : Muestreado y enviado por los interesados.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136)			
SERIE	ABERTURA (mm)	PASA %	TIPO II ISSA
AMERICANA			
3/8"	9.525	100.0	100
# 4	4.760	100.0	90 - 100
# 8	2.380	78.1	65 - 90
# 16	1.190	52.9	45 - 70
# 30	0.590	36.9	30 - 50
# 50	0.297	24.2	18 - 30
# 100	0.149	15.6	10 - 21
# 200	0.074	10.2	5 - 15
< # 200	(ASTM C-117)	0	



ENSAYO	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D 2419)	MÍN. 60%	67%
AZUL DE METILENO (AASHTO TP 57)	MÁX. 8.0 mg/g	6.0 mg/g
PESO UNITARIO SUELTO (ASTM C 29)	REPORTAR	1645 kg/m ³
PARTÍCULAS FRACTURADAS (MTC E 210)	100%	100%
DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO (ASTM C 88)	MÁX. 12%	3.2%
DESGASTE DE LOS ÁNGELES (MTC E 207)	MÁX. 25%	24.1%
RIEDEL WEBER (MTC E 220)	MÍN.4	7-10
ADHERENCIA MÉTODO ESTÁTICO (ASTM D 1664)	MÍN.95%	+95



II. Características de la Emulsión Asfáltica

Tipo de emulsión : Emulsión Cationica de Rotura Controlada Emultec modificada con polimero CQS-1hp.
 Referencia : MINIPLANTA CQS-1hp

ENSAYO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADO	ESPECIFICACIÓN
Residuo Asfáltico	ASTM D 6934	%	62.5	Mínimo 62%
Penetración (25 °C, 100g, 5 seg)	ASTM D 5	dmm	57	50 - 90 dmm

III. ANALISIS DE AGUA

PROCEDENCIA	ESPECIFICACIÓN		RESULTADO	
	PH	DUREZA	PH	DUREZA
POTABLE	(5.5 - 8)	MAXIMO 380 ppm	7.70	295 ppm

IV. Contenido Teórico de Asfalto

Asfalto teórico en base a la granulometría : 9.3 %
 Emulsión asfáltica teórica calculada : 14.9%

V. Calidad de Mezcla

A partir del contenido teórico de emulsión y teniendo en cuenta la manejabilidad de la mezcla con el agregado, se fabricaron moldes para someterlos a las pruebas de:

Rueda cargada (ISSA TB 109)

Abrasión en humedo (ISSA TB 100)

Asfalto Teorico (%)	Emulsion Teorica (%)	Agua (%)	Aditivo (%)	Cemento (%)
9.3	14.9	10.0	1.0	0.5

- El porcentaje de agua que se indica es la añadida al agregado.
- Filler : Cemento sol tipo I.
- Tiempo de mezclado >120 segundos.
- Porcentajes en peso del agregado seco.

VI. Especificaciones

ENSAYO	MÉTODO	ESPECIFICACIÓN
Tiempo de mezclado	ISSA TB 113	Mínimo 120 seg.
Consistencia	ISSA TB 106	2-3 cm
Cohesión húmeda	ISSA TB 139	Mínimo 30 min., 12 kg-cm
		Mínimo 60 min., 20 kg-cm
Recubrimiento	ISSA TB 114	Mínimo 90%
Desplazamiento Lateral	ISSA TB -147	5% Máximo
WTAT	ISSA TB 100	Máximo 538 g/m ²
LWT	ISSA TB 109	Máximo 538 g/m ²

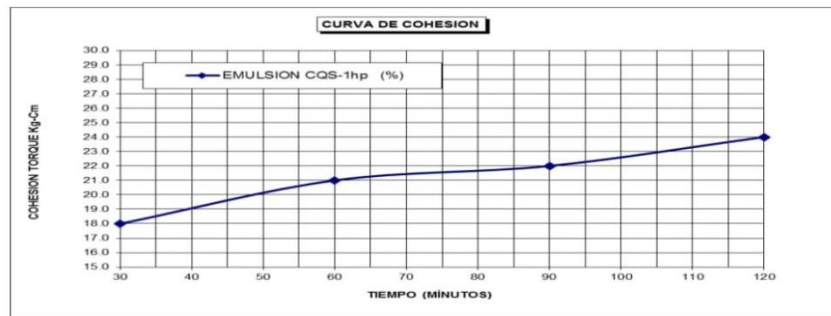


VII. **Tiempo de mezclado.**- Mayor a 120 Seg.

VIII. **Consistencia.**- La mezcla tiene una consistencia de 3.0 cm.

IX. **COHESION**

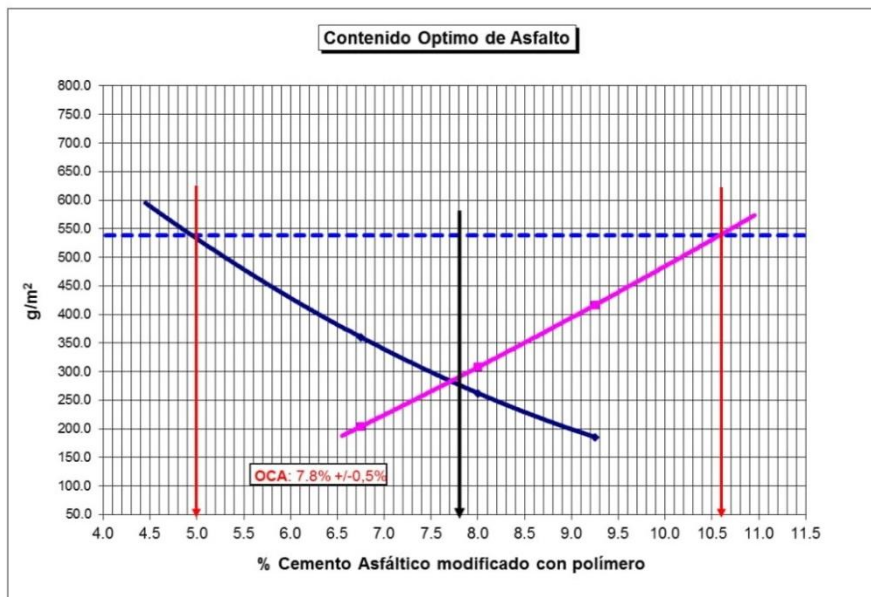
TEMPERATURA LABORATORIO	% ASFALTO	% EMULSIÓN	% AGUA	% ADITIVO	% CEMENTO	TIEMPO DE MEZCLADO (Segundos)	COHESIÓN (kg-cm)	
							30 min	60 min
26°C aprox.	7.8	12.5	10.0	1.0	0.5	>120	18.0	21.0



X. **Recubrimiento** : Mayor a 95%

XI. **Resultados**

Cemento Asfáltico Mod. con Polímero	Emulsión (%)	WTAT (g/m ²)	LWT (g/m ²)
6.8	10.8	360.3	203.9
8.0	12.8	262.4	307.7
9.3	14.8	185.4	416.7





XII. Resultados con el Óptimo Contenido de Asfalto Residual

Cemento Asfáltico Mod. con Polímero (%)	Emulsión (%)	WTAT (g/m ²)	LWT (g/m ²)	Desplazamiento Lateral (%)
7.8	12.5	375.2	380.5	1.5

XIII. Dosificación

Diseño de Micropavimento TIPO II.

- Cantidad optima de emulsión asfáltica CQS-1hp (Rango de tasa de aplicación: 11.7 % a 13.3 %) : 12.5%
- Cantidad de agua . : 10.0%
- Aditivo (Con respecto a la cantidad de agua) : 1.0 %
- Cantidad de filler (Cemento sol tipo I) : 0.5%

XIV. Conclusiones

Nota 1. Muestra identificada y muestreada por el solicitante.

Nota 2. El agregado encaja en la gradación TIPO II, de la especificación EG-2013.

Nota 3. Se recomienda utilizar la emulsión a una temperatura menor a 35°C.

Nota 4. En caso que la emulsión se encuentre a una temperatura mayor a 35°C, se debera de verificar la trabajabilidad de la mezcla y trabajar hasta la temperatura que permita un tiempo de mezclado adecuado.

Nota 5. Este diseño podrá sufrir cambios de acuerdo a las condiciones climatológicas y al proceso constructivo al momento de la ejecución de obra, el cual será ajustado en la primera semana de ejecución de los trabajos.

Hector Huapaya .
Laboratorista

Wendy Herencia
Jefe del Area Técnica

Fecha de emisión: Lurín 04 de Diciembre del 2018



COMPATIBILIDAD SCHULZE BREUER & RUCK
METODO ISSA TB 144

Expediente MP.
035-2019-LAB TDM ASFALTOS

Proyecto : APLICACIÓN DE MICROPAVIMENTOS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA DE LA AVENIDA SAN REMO DEL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA, 2019
Solicitante : EUCLIDES RODRIGUEZ RONCAL
Referencia : DISEÑO 035-2019 MICROPAVIMENTO TIPO II

Prueba	Peso seco	Peso húmedo	Peso después del Ensayo de Abrasión	Peso después del Ensayo de Adherencia 30 min. ebullición	Peso sat. seco después del Ensayo de Adherencia	Absorción %	Abrasión gramos	Adhesión %	Integridad %
1	41.40	43.20	42.90	42.80	41.80	4.35	0.30	96.76	99.07
2	40.60	42.40	42.10	42.00	40.90	4.43	0.30	96.46	99.06
3	41.50	43.30	43.00	42.90	41.80	4.34	0.30	96.54	99.08
4	42.00	44.00	43.70	43.40	42.40	4.76	0.30	96.36	98.64
5	40.90	42.80	42.50	42.40	41.40	4.65	0.30	96.73	99.07
6	40.60	42.40	42.00	41.70	40.70	4.43	0.40	95.99	98.35
7	41.80	43.70	43.40	43.30	42.20	4.55	0.30	96.57	99.08
8	41.70	43.60	43.30	43.20	42.00	4.56	0.30	96.33	99.08
Promedio	41.31	43.18	42.86	42.71	41.65	4.51	0.31	96.47	98.93

	Abrasión gramos	Adhesión %	Integridad %
	0.31	96.47	98.93
Puntaje	4	4	4
Grado	A	A	A

Criterio para clasificación

Grado Ensayo	Puntaje Ensayo	Pérdida de Abrasión, gramos	Adhesión 30 min. ebullición % cubierto	Integridad 30 min. ebullición % retenido
A	4	0.0 - 0.7	90 - 100	90 - 100
B	3	0.7 - 1.0	75 - 90	75 - 90
C	2	1.0 - 1.3	50 - 75	50 - 75
D	1	1.3 - 2.0	10 - 50	10 - 50
0	0	2.0 +	0	0

PUNTAJE TOTAL	ESPECIFICACION
12	MÍNIMO 11 (AAA, BAA)

DESPUÉS DE LA PRUEBA DEL HERVIDO



Observaciones

♦ Para esta prueba se uso 0,5% de Cemento Portand Tipo I.

Hector Huapaya
Laboratorista

Ing. Wendy Herencia
Jefe del Area Técnica

Fecha de Emisión : Lima, 09 de diciembre del 2019

Anexo N° 14: Estudio de mercado de servicio de colocación de mezcla asfáltica en caliente
 – MAC



Consorcio Pimentel
CONSTRUCTION & Co. Ltd.
ASFALTOS PERUANOS

- Imprimaciones MC 30
- Asfalto en Caliente y Frio
- Pavimentaciones Asfálticas
- Alquiler de Maquinaria
- Obras Civiles y Mineras

asfaltosperuanos@peru.com

ASFALTOS PERUANOS Holding Inc. Perú

ASFALTADO y PAVIMENTOS URBANOS

Presupuesto 0993 - 2019 - IMPRIMACION Y ASFALTADO 3" PTE. PIEDRA, LIMA

Obra IMPRIMACION y ASFALTADO 3" - CALLES PUENTE PIEDRA - LIMA
 (AREA DE TRABAJO ó INTERVENCIÓN = 997.00m2) - REFERENCIAL A VERIFICAR 19/11/2019
Ubicación Areas Internas de Estacionamiento, Vías ó Calle - Puente Piedra, Lima
Fecha Base 19 de Noviembre 2019 - MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTAS - VOLQUETES SEGÚN ESPECIFICACIONES)
Solicitado por [Ing. E. Rodríguez - Cel. 997 322 380](#)
Departamento Puente Piedra, Lima - PERU"

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio S/.	Parcial	Total
01.00.00	OBRAS PROVISIONALES					
01.01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS (hasta la Obra - Puente Piedra) (Incluye Movilizac Máquinas Imprimacion Asfáltica y Tren Asfalto a Obra)	Glb.	1.00	4,000.00	4,000.00	4,000.00
03.00.00	ASFALTO EN CALIENTE 3" - EQUIPO + RASTRILLEROS					
03.01.01	IMPRIMACION ASFALTICA MC-30	m2	997.00	5.00	4,985.00	
03.01.02	ASFALTO EN CALIENTE 3" - COLOCADO (Pen 60/70) c/Equipo + Rastrilleros	m2	997.00	55.00	54,835.00	
03.01.03	LIMPIEZA DE TERRENO, ELIMINACION FINAL Y ENTREGA OBRA A CONTRATANTES	Glb.	1.00	0.00	0.00	59,820.00
	COSTO DIRECTO					63,820.00
	IGV 18.00%		18.00%			11,487.60
	COSTO TOTAL GENERAL				S/.	75,307.60

SON: SETENTA Y CINCO MIL TRESCIENTOS SIETE CON 60/100 SOLES (Incluye 18% IGV)

¡ ASFALTAMOS y CONSTRUIMOS ALLA DONDE LOS OTROS NO LLEGAN. . . . ¡¡¡¡

Incluye:

* Maquinaria, Equipos, Herramientas+ Profesional responsable.

* Adelanto 90% Avance de Obra a Tratar - **SISTEMA A SUMA ALZADA (Monto Fijo sin Reajustes) una Vez Enviada Orden de Servicio ó Firmado Contrato**

Primer Adelanto : Orden de Servicio e Inicio de Trabajo + Afirmado 67,776.84

Segundo Adelanto (Saldo) 7,530.76

Monto Total de Obra : S/.

75,307.60

A la orden de Servicio

Al Finalizar la Obra (mismo día)

Con IGV

*El trabajo será de acuerdo con las Especificaciones Técnicas remitidas a nosotros. Para hacer una Imprimación MC 30 Se necesita base afirmado Totalmente Limpia

* Plazo de Ejecución : Imprimación y Asfaltado 3" = 1 día con Tren de Asfalto

De aprobarse el trabajo, enviar Orden de Servicio con 02 días de Anticipación.

Trabajadores : 15 Personas + Controladores y operadores de maquinaria

Equipo : Cocina Imprimación de Asfalto, Rodillo Mixto, Tren de Asfalto, Volquetes 15m3.

Se dará un Adelanto de **S/ 67,776.84.00**, debido a que el PEN 60/70, Filler, MC-30, Agregados, Aceites, Combustibles todos se pagan en Planta PETROPERÚ al Contado

* Si existieran otros trabajos adicionales, se coordinará para realizarlos antes y/o durante el trabajo de Movimiento de Tierras

Razón : **ASFALTOS PERUANOS Inc. Perú - Alfredo Yafac Liza**

RUC N° : 10405240713 - Luis Alfredo Yafac Liza (*)

Planta : MZA. O LOTE. 41 URB. LOS NOGALES (CDRA 10 DE LOS DOMINICOS - CALLAO) PROV. CONST. DEL CALLAO

Oficina : Jr. Augusto Durand 2615, San Luis, Lima

Correo : Movistar 999610264 **Whatsapp On Line 997929049**

 [Fb/consorcio.pimentel](#)

Razón: Juan Fco. Yovera CAP 2195

 [@consorciopimentel](#)

* Integrante del Consorcio Pimentel Holding Inc. Perú - Asfaltos Peruanos

asfaltos@consorciopimentel.com



Fresado Mecánico y Asfaltado

Fresado Mecánico Nocturno Av. Faucett, Callao y Posterior Asfaltado - Junio, 2019

Asfaltado Local Industrial - Almacén Puente Lurin Km. 42 Panam. Sur, Lima - Junio 2019

Repavimentación EE.SS. Repsol, Av. Gálvez Barrenechea y Calle 32, Surquillo, Lima, jul. 2019

Repavimentación EE.SS. Repsol, Av. Angamos y P. de La República, Miraflores, Lima - Agosto 2019

Repavimentación EE.SS Repsol, Av. Rep. Panamá y Roca Boloña, Miraflores, Lima, Agosto 2019

Reparación Asfaltado EE.SS Repsol, Av. La Marina, Cdra 13, Trujillo, La Libertad, Sept. 2019

<http://www.consorciopimentel.com>

WhatsApp On Line 997 929 049

Consorcio Pimentel
Holding Inc. Perú
FRESADO MECÁNICO - RIEGO DE LIGA Y COLOCACIÓN DE CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE

Anexo N° 15: Contrato de servicio de Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo –
SCTR



CONSTANCIA

SEGURO COMPLEMENTARIO DE TRABAJO DE RIESGO PENSIÓN Y SALUD

RODRIGUEZ RONCAL EUCLIDES

VIGENCIA: 04/11/2019 al 03/12/2019

ACTIVIDAD: ENSAYOS Y ANALISIS TECNICOS

Por medio del presente dejamos constancia que los asegurados detallados líneas abajo, conforme al Decreto Supremo 003-98-SA, se encuentran amparados bajo la cobertura de salud y pensión del Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo.

Contrato SCTR - Salud N°: 272258	Póliza SCTR - Pensión N°: 1000042853
----------------------------------	--------------------------------------

Sede : PRINCIPAL

Nro.	Nombres	Apellido Paterno	Apellido Materno	Nro. Documento
1	OSCAR ORLANDO	PEVE	CHIPANA	DNI - 06935843
2	EUCLIDES	RODRÍGUEZ	RONCAL	DNI - 41295118

Extendemos la presente constancia a solicitud de nuestro cliente RODRIGUEZ RONCAL EUCLIDES para los fines que considere pertinentes.

Lima, 04 de noviembre de 2019

SANITAS PERÚ S.A. - EPS

PROTECTA S.A. COMPAÑÍA DE SEGUROS

Anexo N° 16: Evidencias fotográficas



LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE AV. SAN REMO



PREPARACIÓN DE AGREGADO



ENSAYO DE ABRASIÓN DE AGREGADO



PREPARACIÓN DE MORTERO DE MICROPAVIMENTO



DOSIFICACIÓN DE EMULSIÓN ASFÁLTICA



PRUEBA DE RUEDA CARGADA

Gráfico N° 36: Máquina planta para aplicación de micropavimentos



Fuente: <https://www.columbiamaq.cl/maquina-modelo-m210-114>